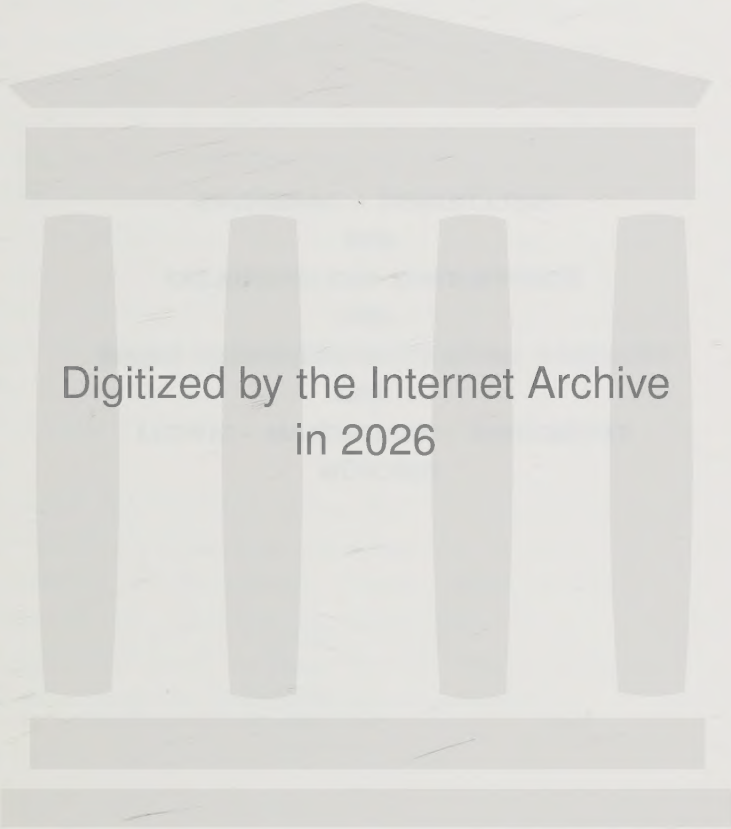


**GEOCHEMISCH - LAGERSTÄTTENKUNDLICHE
UNTERSUCHUNGEN IM BEREICH
DER KIESLAGERSTÄTTE
PRETTAU, AHRNTAL**

Hubert Schmid

1973
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553809_0019

GEOCHEMISCH - LAGERSTÄTTENKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN
IM BEREICH DER
KIESLAGERSTÄTTE PRETTAU, AHRNTAL

INAUGURAL - DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER
HOHEN GEOWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT
DER
LUDWIG - MAXIMILIANS - UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

VORGELEGT VON
HUBERT SCHMID
MÜNCHEN 1973

UNIVERSITÄT - LEIDEN
IN DEN NACHSTEN
KONFERENZEN

BERICHTERSTATTER -
ZUR
BELEBUNG DER GEMEINSCHAFT
DER
HOCHSCHULEN
MIT
LEIDEN - UNIVERSITÄT
NACHSTEN



1. Berichterstatter: Prof. Dr. D.D.Klemm
 2. Berichterstatter: Prof. Dr. G.Huckenholz
- Tag der mündlichen Prüfung: 25. Juli 1973

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde von meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. D. D. KLEMM angeregt. Für sein stetes Interesse am Fortgang der Arbeit, für viele wertvolle Ratschläge in Gelände und Labor schulde ich ihm besonderen Dank.

Herrn Prof. Dr. A. MAUCHER danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsraumes und die Erlaubnis zur Benützung der Institutseinrichtungen.

Für viele Anregungen und Diskussionen danke ich den Herren Prof. Dr. B. VAN DIVER, Dr. I. FRUTH, Dr. K. WEBER - DIEFENBACH, Dr. B. LAMMERER, Dr. R. SCHERREIKS, sowie meinem Kollegen Dipl.-Geol. G. MATHEIS. Einige Mineralbestimmungen wurden von Herrn Dr. K. WEBER-DIEFENBACH an der Elektronenmikrosonde durchgeführt.

Der Leiter der Prettau-Grube, Herr S. TOMASELLI stellte mir freundlicherweise Kartenunterlagen zur Verfügung.

Der Familie STOLZLECHNER, Prettau, danke ich herzlich für die mir erwiesene Gastfreundschaft.

Finanziell unterstützt wurde vorliegende Arbeit aus Mitteln nach dem Deutschen Graduiertenförderungsgesetz.

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	1
1. Einführung	3
1.1. Allgemeines und geologischer Überblick	3
1.2. Zur Geschichte des Prettau- er Bergbaus	5
2. Arbeitsmethoden	7
2.1. Probenahme	7
2.2. Röntgenfluoreszenzanalyse	7
2.3. Atomabsorptionsanalyse	9
2.4. CO ₂ - Bestimmung	10
2.5. Petrographie	10
3. Petrographischer Teil	11
3.1. Allgemeines	11
3.2. Gesteinsbeschreibung	13
3.3. Genese, Altersstellung und Meta- morphose der Prasinite	16
4. Lagerstättenkundlicher Teil	19
4.1. Allgemeiner Bau der vererzten Partien	19
4.2. Erzmikroskopische Untersuchungen	19

	Seite
5. Geochemischer Teil	22
5.1. Analysenergebnisse	22
5.2. Diskussion der Analysenergebnisse	38
5.3. Zur stratigraphischen Orientierung des vererzten Prasinitkomplexes	49
6. Zur Genese der Lagerstätte	53
Literaturverzeichnis	58
Tabellenanhang	60
Probeentnahmepläne	

Zusammenfassung

Die Kieslagerstätte Prettau im oberen Ahrntal, Provinz Bozen, wurde geochemisch, untergeordnet auch petrographisch und lagerstättenkundlich bearbeitet. Das genannte Vorkommen ist Teil einer Kette von Kieslagern in der jüngeren Schieferhülle im Penninikum der Hohen Tauern. Den geologischen Rahmen bildet eine Serie von metavulkanitischen Grünschiefern und Karbonatgesteinen liassischen Alters (A. BIANCHI & G. DAL PIAZ, 1930). In den Grünschiefern, gebunden an ultrabasisches, stark chlorithaltiges Nebengestein, liegt konkordant und schichtförmig die Erzföhrung. Die Hauptparagenese besteht aus Pyrit, Kupferkies, Magnetkies und Magnetit.

Die geochemischen Untersuchungen erbrachten, daß der ultrabasische Chemismus des Nebengesteins nicht primär vorhanden war, sondern sekundär durch Propylitisierung während der Erzzufuhr entstanden ist. Bei gleichzeitiger hydrothermalen Zufuhr von Fe, Cu, Zn, untergeordnet auch Mn, Mg und gelegentlich Cr wanderten Ca, Na und Si, zuweilen auch Ni ab. Die geochemischen und geologischen Gegebenheiten deuten auf eine submarin-synsedimentäre Entstehung der Lagerstätte hin. Die Elementverteilung in dem Prasinitkomplex läßt auf eine inverse Lagerung der Serie schließen. Während im Normalfall das Liegende der Schieferhülle auf den Zentralgneis zeigt, liegt hier der umgekehrte Fall vor.

Abstract

The geochemistry, and briefly the petrography of the sulfide-deposit Prettau, upper Ahrn-Valley, Italy, are described. The Prettau deposit is part of a great number of similar sulfide-deposits in the "Penninikum" of the Hohe Tauern. The rocks other than the ore-body consist of metabasaltic greenschists, intercalating with carbonate-rocks of liassic age (A. BIANCHI & G. DAL PIAZ, 1930). The immediate wall rocks are ultrabasic chlorite-schists. The ore-body is concordant and stratiform. The main paragenesis consists of pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, and magnetite.

Ca. 140 chemical analyses show, that the ultrabasic chemistry of the wall rock is the result of propylitic alteration by hydrothermal solutions during the emplacement of the ore. Mainly Fe, Cu, Zn, to a lesser degree Mn, Mg, and sometimes Cr are added, Ca, Na, Si, and sometimes Ni are lost. The geological and chemical features indicate a submarine-synsedimentary origin of the ore-deposit.

The element-distribution in greenschist-complex shows, that the layering of the series is inverse. This attitude of the series is contrary to the normal case, in which the underlying part of the series shows to the central-gneiss.

1. Einführung

1.1. Allgemeines und geologischer Überblick

In neuerer Zeit wurden bereits von D.Di COLBERTALDO & A.LEONARDELLI (1963), sowie von L.CADROBBI (1969) petrographische und lagerstättenkundliche Untersuchungen am Kiesvorkommen Prettau/Ahrntal durchgeführt. In vorliegender Arbeit wurde deshalb der Schwerpunkt auf die Geochemie gelegt, um so zusätzliche Ergebnisse zu Struktur und Genese der Lagerstätte zu erhalten. Petrographie und Erzmikroskopie werden, soweit sie zum Verständnis der Lagerstätte und ihres geologischen Rahmens unerlässlich sind, untergeordnet behandelt.

Die Lagerstätte Prettau (ital. Predoi) befindet sich im oberen Ahrntal, im nördlichsten Teil Italiens, südlich des Zillertaler Hauptkammes. Das Ahrntal folgt hier ziemlich genau der geologischen Grenze zwischen dem Zentralgneis des Zillertalerkernes und dessen Schieferhülle im Penninikum der Hohen Tauern. Die Vererzung liegt konkordant in Prasiniten, die sich ihrerseits konkordant mit Kalkglimmerschiefern und Marmoren abwechseln und verzahnen. Diese Karbonatserie mit eingelagerten Prasiniten kann der Bündnerschieferserie in der jüngeren Schieferhülle im Sinne von G.FRASL (1958) zugeordnet werden. Es wurden drei Bereiche beprobt:

Profil A quer durch eine erzfreie Prasinitserie bei St. Jakob
(siehe Abb. 1) entlang des Val del Porco,

Bereich B unter Tage umfaßt die erzführende Serie sowie deren
Liegendes und Hangendes.

Es wurde hier nicht entlang einer einzigen Profillinie beprobt, sondern in mehreren Stollen auf verschiedenen Sohlen (siehe Probeentnahmeplan im Anhang).

Profil C quer durch die erzführende Prasinitserie von der Talsohle des Ahrntales bis etwa 2000 m Höhe entlang des Röttales.

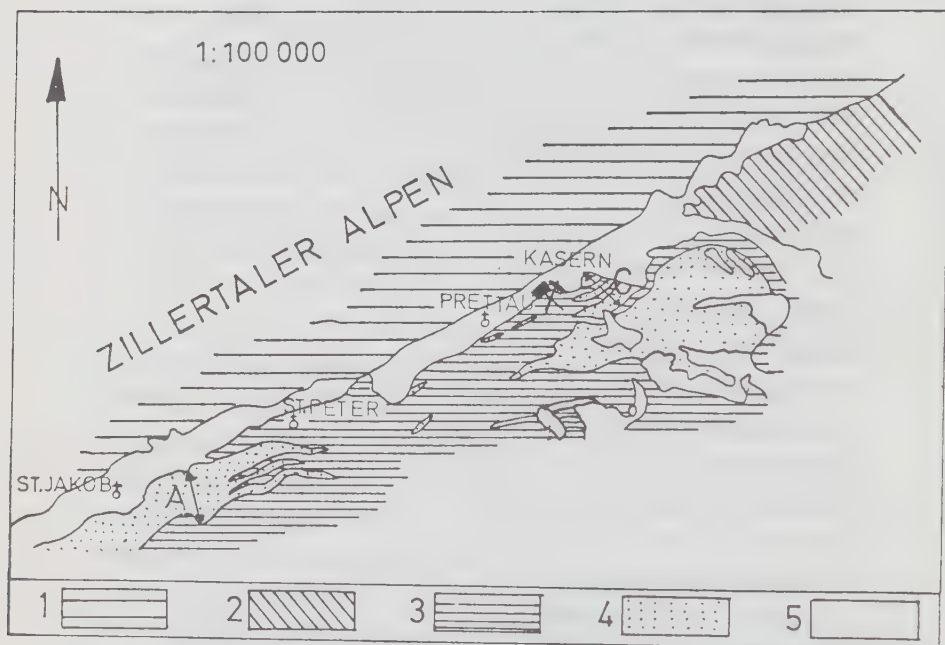


Abb. 1: Geologische Skizze des oberen Ahrntales, vereinfacht nach A. BIANCHI & G. DAL PIAZ (1930)

- 1 = Zentralgneis des Zillertalerkernes
- 2 = Paraschiefer der Dreierherrenspitze - ältere Schieferhülle
- 3 = Kalkschiefer und Marmore ("Calcescisti") - jüngere Schieferhülle
- 4 = Grüngesteine ("Ofioliti") - jüngere Schieferhülle
- 5 = Alluvionen, Schuttfächer usw.

1.2. Zur Geschichte des Prettau Bergbaues

(Die folgenden Angaben wurden der Arbeit von D.DI COLBERTALDO & A.LEONARDELLI (1963) entnommen.

Vierhundert Jahr hat das Bergwerk geblüht,
Viel Menschen haben sich drum bemüht,
Die einen mit fleißiger, kräftiger Hand,
die and´ren mit Willen und scharfem Verstand.
Das Kupfer das beste gewesen ist
Vom Uralgebirg bis zur spanischen Küst,
Hat ins Tal gebracht gar reichen Segen,
Verkehr ist gewesen mit Schlitten und Wägen.
Da kam von Amerika Kupfer zuviel,
Sie gewinnen´s dort ja mit leichtem Spiel.
Das hat uns zu Grund g´richt in kurzer Zeit,
Mir ist um Menschen und Bergwerk leid.

(Inscrift am Haus der Grafen von Enzenberg in Steinhaus)

Der Prettau Bergbau hat eine bewegte Geschichte:

Gemäß einer Legende soll die Vererzung durch einen wildgewordenen Stier entdeckt worden sein, als er mit Hörnern und Vorderhufen am Felsen scharrte und auf diese Weise glänzendes Gestein zutage brachte.

Die ersten Anfänge des Bergbaues in Prettau gehen wahrscheinlich auf das 15. Jahrhundert zurück. Seither hat das Bergwerk häufig die Besitzer gewechselt. Zu nennen sind der deutsche Kaiser, die Herren von Brixen und von Taufers, urkundlich belegt kauften es 1595 die Herren von Wolkenstein. Christof von Wolkenstein machte bankrott, so ging das Bergwerk 1676 an dessen Gläubiger Stefan von Wenzer über. Weitere Besitzer

waren Graf Tannauer von Tannenberg, die Herren von Sternbach, die Grafen von Enzenberg, 1912 - 1918 das österreichische Militär, später die Soc. Calceranica und seit 1955 die Soc. Manica - Cipriani. Anfang 1972 wurde der Abbau eingestellt. Momentan bestehen jedoch ernste Pläne, das Bergwerk wieder zu öffnen.

2. Arbeitsmethoden

2.1. Probenahme

Um gute Durchschnittswerte zu erzielen, wurden möglichst große Proben entnommen. Das Gewicht einer Probe betrug meist etwa 5 - 6 kg. Die Abstände zwischen den einzelnen Probeentnahmepunkten schwanken zwischen 0,5 m und 100 m, da innerhalb der erzführenden Serie die Abstände kleiner gehalten wurden als außerhalb.

2.2. Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Die Elemente Si, Al, Fe, Mg, Ca, K, Ti, Mn, Cr wurden mit Hilfe der RFA bestimmt.

PROBENVORBEREITUNG:

50 g der zuvor im Backenbrecher zerkleinerten Probe wurden in einer Scheibenschwingmühle mit Widiaaufsatz 2 Minuten lang gemahlen, die Korngrößen sind dann nach J.MADEL (1968) kleiner als 50 μm .

Das Gesteinspulver wurde 40 min lang auf 110⁰ C erhitzt (H_2O^-) und anschließend 50 min lang bei 900⁰ C geglüht. Beim Glühen wird Fe^{2+} zu Fe^{3+} oxydiert, deshalb wurde ΣFe als Fe_2O_3 bestimmt. Es gehen bei 900⁰ C außerdem CO_2 und SO_2 verloren, was bei karbonat- und schwefelhaltigen Gesteinen zu teilweise erheblichen Glühverlusten führt.

Aus der geglühten Substanz wurden pro Probe je 1 Tablette nach der Methode von B.LEAKE et al. (1969) hergestellt: Man vermischt 6 g Substanz mit 1 g Phenolformaldehyd möglichst homogen, preßt eine Tablette und erhitzt diese im Trockenschrank stufenweise auf 160⁰ C.

Für die Untersuchungen standen ein Philips - Vakuum-spektrograph PW 1540, ein Philips - Müller - Mikro - 111 - Generator und die zugehörigen Elektronikeinheiten zur Verfügung.

Die Probentabletten wurden gegen die internationalen Standards BM, BR, BCR-1, DR-N, DTS-1, PCC-1, TB, KH, GH, AGV gemessen. Um auch die Erzproben mit möglichst nahen Standards vergleichen zu können, wurden zwei eigene synthetische Referenzproben A und B mit erhöhten Fe-Gehalten hergestellt.

	A	B
SiO ₂	45	35 %
Al ₂ O ₃	15	10 %
Fe ₂ O ₃	30	50 %
MgO	10	5 %

Durch die Wahl von nahen Standards und die Verminderung der Matrixeffekte durch die Verdünnung der Proben mit Phenolformaldehyd erübrigten sich rechnerische Korrekturverfahren. Die Messzeit betrug normalerweise 3 - 6 x 20 sek, für Mg, Al und Si wurde sie auf das Doppelte erhöht.

Die relative Standardabweichung wurde nach folgenden Formeln berechnet:

$$\text{rel. Standardabweichung} \quad c = \frac{100 \, s}{\bar{x}} ;$$

$$\text{Standardabweichung} \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2} ;$$

$$\text{arithmetisches Mittel} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum x ;$$

Es ergaben sich folgende Werte für c:

$\text{Al}_2\text{O}_3 \pm 4\%$, $\text{MgO} \pm 4\%$, $\text{Cr} \pm 0,6\%$, $\text{SiO}_2 \pm 0,5\%$,
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \pm 0,5\%$, $\text{CaO} \pm 0,5\%$, $\text{K}_2\text{O} \pm 0,4\%$, $\text{TiO}_2 \pm 0,2\%$,
 $\text{Mn} \pm 0,2\%$;

Die Berechnung der Niggli-Parameter wurde mit Hilfe eines automatischen Rechenprogrammes an der Großrechenanlage des Leibniz-Rechenzentrums der Technischen Universität München durchgeführt.

2.3. Atom - Absorptions - Analyse

Mit einem Gerät vom Typ EEL-ATOMIC der Firma EVANS ELEKTROSELENIUM/LTD., England, wurden die Elemente Ni, Cu, Zn, Pb auf absorptionspektrometrischem, Na auf emissionspektrometrischem Wege bestimmt.

Das Gestein wird dazu vorher durch einen Flusssäureaufschluß in Lösung gebracht. Benutzt wurde eine Mischung von HF , HClO_4 und wenig HNO_3 .

Zur Analyse wurde neben synthetischen Referenzproben hauptsächlich die Additionsmethode zur weitgehenden Beseitigung der Matrixeffekte verwendet.

Im wesentlichen sind zwei Fehlerquellen zu beachten:

Der Fehler beim Aufschlußverfahren und der Meßfehler.

Die gesamte relative Standardabweichung ergibt sich in einer Größenordnung von 5 % bis 10 %.

2.4. CO₂ - Bestimmung

Die CO₂ - Gehalte wurden mit Hilfe eines Scheibler-Gerätes bestimmt. Die Nachweisgrenze lag bei diesem Verfahren etwa bei 0,2 %;

2.5. Petrographie

Es wurden 75' Dünnschliffe bearbeitet.

Folgende Abkürzungen werden benützt:

Ab	=	Albit	An	=	Anorthit
Hbl	=	Hornblende	Bi	=	Biotit
Hgl	=	Hellglimmer	Chl	=	Chlorit
Ep	=	Epidotminerale	Pist	=	Pistazit
Klz	=	Klinozoisit	Qz	=	Quarz
Lx	=	Leukoxenminerale	Op	=	Opakminerale
Ap	=	Apatit	Karb	=	Karbonat
Gr	=	Granat	Akz	=	akzessorisch

Die Korngrößen werden nach dem Vorschlag von E.O. TEUSCHER (1933) angegeben:

dicht 0,1 mm; feinkörnig 0,1 - 0,33 mm; feinkörnig 0,33 - 1 mm; mittelkörnig 1 - 3,3 mm; grobkörnig 3,3 - 10 mm;

3. Petrographie

3.1. Allgemeines

Es wurde bereits diskutiert, daß es sich bei den bearbeiteten Gesteinsserien um Teile der jüngeren Schieferhülle im Penninikum des Tauernfensters handelt. Der Gesteinskomplex wird in der italienischen Literatur als "Calcescisti con ofioliti" bezeichnet. Abb. 1 läßt erkennen, daß in eine karbonatische Serie, hauptsächlich bestehend aus Kalkschiefern, Kalkglimmerschiefern und Marmoren, konkordant einzelne, teils mächtige Prasinitkörper eingelagert sind. "Konkordant" bedeutet hier schicht- und schieferungskonkordant, da im Arbeitsgebiet Schichtung und Schieferung parallel zueinander liegen. Die Grenzen zwischen Prasiniten und Kalken sind in der Regel stratigraphisch ausgebildet, manchmal vermutlich durch die verschiedenen rheologischen Konstanten der beiden Gesteinstypen bedingt, tektonisch überarbeitet. Nicht immer sind die Grenzen scharf. Es gibt Übergänge von Kalkschiefer mit vulkanischer Einstreuung hin zu Prasiniten. In den Bereichen B und C bei Prettau streichen die s-Flächen um 60° - 80° (parallel dem Ahrntal) und fallen überwiegend um 90° ein. Die s-Flächen im Bereich A bei St. Jakob streichen ebenfalls parallel zum Ahrntal, fallen aber etwas flacher mit einem Maximum bei $\pm 70^{\circ}$ gegen Süd.

Die Abb. 2 gibt etwas vereinfacht die stratigraphische Abfolge in den drei Profilen wieder. Das hier gezeichnete Profil B zeigt die Verhältnisse auf der "Ignaz"-Sohle, entlang den Probennummern B1-15, B22-26, B59-57, B27, B60-64, B28, B67-65, B86, B29, B70-69, B30-33 (vergl. Probeentnahmeplan im Anhang).

Es werden im folgenden nur die Grüngesteine beschrieben, auf die Kalkschiefer wird nicht eingegangen.

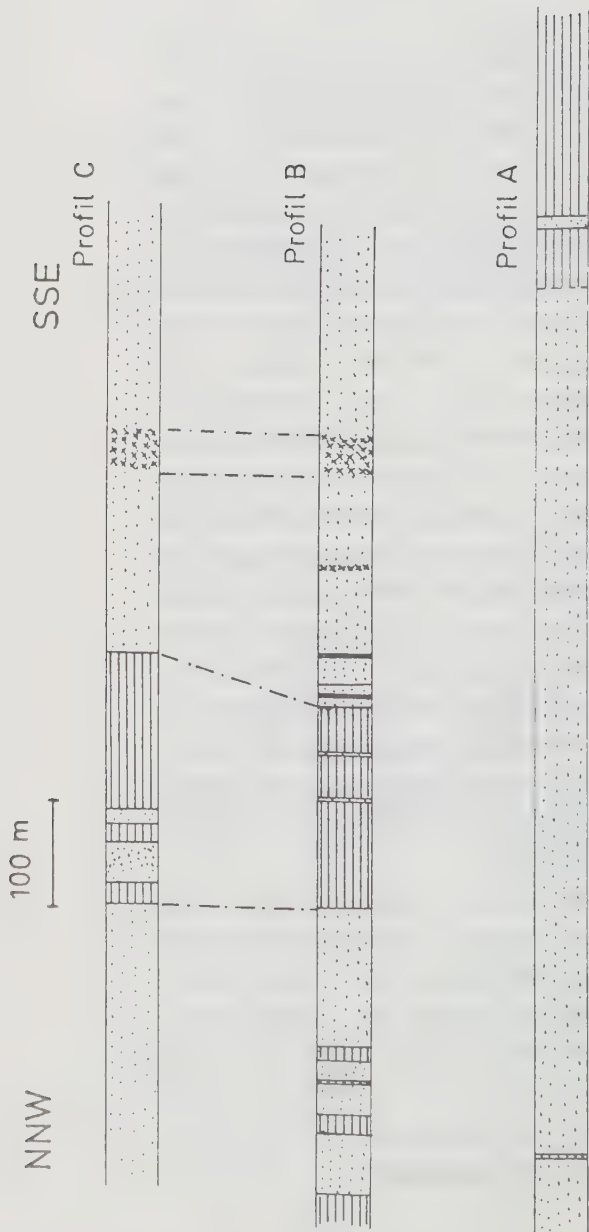


Abb. 2:
Säulendarstellung der Profile
A, B, C

-  Karbonatgesteine
-  Grünschiefer
-  Vererbung
-  Schichtgrenzen
-  " , vermutet

3.2. Gesteinsbeschreibung

Innerhalb der Prasinitserien lassen sich verschiedene Gesteinstypen definieren, deren Abgrenzungen gegeneinander selten deutlich gezogen werden können. Meist sind die Übergänge fließend. Die Hauptminerale sind Albit, Epidot, Hornblende, Chlorit.

Auf der Basis der Modalbestände von 75 Dünnschliffen kann folgende Einteilung getroffen werden:

1. Epidotprasinit
2. Chloritprasinit
3. Chloritschiefer
4. Hornblendeprasinit
5. Albitmetablastenschiefer

	1.	2.	3.	4.	5.
Ab	20-40	15-30	2-30	15-30	30-50
Ep	25-40	0-20	2-6	15-25	5-25
Hbl	2-30	8-25	-20	30-40	5-35
Chl	4-20	20-40	40-70	4-12	7-30
Qz	-10	2-15	5-20	-6	-20
Bi	-18	5-8	-8	-7	-20
Hgl	akz	akz	akz	akz	-7
Lx	-2	-4	-3	-4	-2
Op	-4	-8	-20	akz	-10
Ap	akz	akz	akz	akz	akz
Karb	-15	-1	-	-1	-10
Gr	-	akz	-	-	akz

Profil A:

Im Profil A sind Epidotprasinite das vorherrschende Gestein, nur untergeordnet treten Hornblende- und Chloritprasinite auf.

Bereiche B und C:

Nebengestein der Erzführung sind im wesentlichen Chloritprasinite und Chloritschiefer mit niedrigen Albit- und Epidotgehalten, karbonatfrei, aber dafür mit deutlich erhöhter Quarzführung. Auf grund ihrer Weichheit sind diese Gesteine intensiv tektonisch beansprucht. Epidotprasinite kommen hauptsächlich in der Nähe der Kalkschiefer vor, wo man einen erhöhten Ca-Gehalt erwarten kann.

Hornblendeprasinite sind selten, Prasinite mit mehr oder weniger ausgeprägter Albitblastese dagegen verbreitet. Lokal erreicht die Albitblastese ein Ausmaß, daß man das Gestein als Albitmetablastenprasinite ansprechen kann.

Die Gefüge der genannten Gesteine sind in der Regel dicht bis feinkörnig, selten feinkörnig. Nur die Albite erreichen als "Ballenalbite" Größen bis zu mehreren Millimetern. Die Schieferung ist durch die gute Einregelung der stengeligen und tafeligen Mineralien deutlich ausgebildet.

Es folgt die Beschreibung der Mineralien:

Albit: Anorthitgehalt bis 10 %;

Albite kommen vor als kleine Einzelkörner, im Pflastergefüge, oder als Ballenalbite. Häufig sind sie klinkoisitgefüllt entsprechend Plag III (CH. EXNER, 1949), oder enthalten massenweise Einschlüsse von Chloriten und Aktinoliten. Meist sind die Albite unverzwillingt, und nur gelegentlich sind Zwillinge nach dem Albit- oder dem Karlsbadergesetz zu beobachten.

Epidotmineralien:

Die Epidotmineralien sind häufig idiomorph ausgebildet. Es kommen sowohl Pistazit, als auch Klinozoisit vor. Nicht selten sind die Epidote zonar gebaut, wobei der Kern aus Klinozoisit, der Rand aus Pistazit besteht. Zonar gebaute Epidote zeigen manchmal im Kern ein idiomorphes, durch winzige, mikroskopisch nicht bestimmbar Mineralkörnchen bestäubtes Feld. Teils sind die Pistazite verzwillingt. In einem Schliff scheint ein Teil der Epidote in Hellglimmer plus Karbonat zerfallen zu sein.

Hornblende:

Die Hornblende ist von stengeligem Habitus. Es können zwei Typen beobachtet werden: Farblose und deutlich grün gefärbte. Die Achsenwinkel betragen 75° - 90° , wobei die Achsenwinkel der gefärbten Hornblenden kleiner sind als die der farblosen. Die Auslöschungsschiefen α_c betragen bei den farblosen 15° - 20° , bei den gefärbten 10° - 15° . Es handelt sich also bei den grünen, pleochroitischen Hornblenden um Aktinolit, bei den farblosen um Tremolit.

Auch bei den Hornblenden gibt es Zonarbau. Ebenso wie bei den Epidoten besteht, vor allem in der erzführenden Serie, der Trend zum eisenreichen Rand: An einen Tremolitkern schließt sich nach außen hin ein Aktinolitrand an.

Chlorit:

Die Hauptmasse des Chlorits bilden leicht grün gefärbte, pleochroitische, büschelige Aggregate von Mg-Fe-Klinochlor (?). In vererzten Partien ist die Farbe oft intensiver, der Eisengehalt der Chlorite also höher als in Entfernung von der Erzführung. Neben Klinochlor kommt als Zerfallsprodukt von Granat auch Pennin vor.

Quarz

kommt besonders im Bereich der Erzführung vor. Er konzentriert sich hier meist in dünnen, konkordanten Lagen.

An Leukoxenmineralien konnten Rutil und rautenförmiger Titanit bestimmt werden.

Apatit

tritt in der erzführenden Serie häufiger auf als außerhalb.

Granat

ist sehr selten. Die Körnchen sind randlich zerfressen.

3.3. Genese, Altersstellung und Metamorphose der Prasinite

Die Prasinite besitzen, gemäß den geochemischen Analysen, einen basaltisch-gabbroiden Chemismus. D. di COLBERTALDO & A. LEONARDELLI (1963) nehmen als Ausgangsgestein der Prasinite gabbroide Intrusionskörper an. Folgende Gründe sprechen jedoch für eine ehemals extrusive Entstehung der Prasinite:

- a) Auch die dünnbankigsten Lagen der Prasinite in den Kalkschiefern sind konkordant. Diskordante Grünschiefer wurden nicht beobachtet. Falls das Ausgangssubstrat der Grünschiefer intrusiv in die Kalkschiefer eingedrungen wäre, müßte es neben Sills auch Dykes geben.
- b) Einen weiteren Hinweis für den ehemals effusiven Charakter der Grüngesteine bildet die Lagerstätte selbst. Es handelt sich mit Sicherheit um keine intramagmatisch gebildete Lagerstätte, wie auf S. 54 näher erläutert wird.

- Die Vorstellung, daß sich in einem basischen Intrusionskörper epigenetisch eine auf weite Strecke schichtförmige und schichtgebundene Erzanreicherung bilden soll, bereitet Schwierigkeiten. Es spricht aber einiges dafür, daß die Lagerstätte submarin-synsedimentär entstanden ist; in diesem Fall müssen auch die Prasinite ehemalige Vulkanite sein.
- c) Die für basische Intrusionskörper typischen Nickenanreicherungen, Anorthositbänder oder Pothole-Strukturen fehlen.
- d) Sedimentäre Reliktstrukturen, wie sie stellenweise vorhanden sind, müssen in dem metamorphen Gestein nicht unbedingt als beweiskräftig für eine effusive Entstehung gewertet werden. Auch in Intrusionskörpern können sich durch die gravitative Absaigerung von Mineralien pseudosedimentäre Strukturen ausbilden. Da aber von a) bis c) eine vulkanische Entstehung der Grünschiefer wahrscheinlich gemacht wurde, dürfen auch die genannten Reliktstrukturen als echt sedimentär angesehen werden.

Die Prasinite sind Abkömmlinge des Bündnerschiefer Vulkanismus. Bereits S. PREY (1962) oder O.M. FRIEDRICH (1968) erachteten die selben Prasinitserien in anderen Teilen des Tauernfensters als metavulkanitisch.

Das Alter der Bündnerschieferserie ist mesozoisch. Für die Kalkschiefer in meinem Arbeitsbereich geben A. BIANCHI & G. DAL PIAZ (1930) liassisches Alter an. Diese Angabe deckt sich mit den Untersuchungen von S. PREY (1962) im Gebiet der Fragner Kieslagerstätte (Kärnten), wo in einer lithologisch entsprechenden Serie teils in den Bündnerschiefern, teils in der Matreier Zone genau derselbe Vererzungstyp wie in Prettau anzutreffen ist.

Da es sich um mesozoische Gesteine handelt, wurden sie nur einer einzigen Metamorphose, der Tauernkristallisation unterworfen, einer Thermo-Dynamometamorphose nahe dem Barrowtyp im Sinne von H.G.F.WINKLER (1967). Der Mineralbestand ist zumindest teilweise diaphtoritisch verändert. Es liegt eine "Low-stage"-Paragenese (H.G.F.WINKLER, 1970) Albit -Chlorit-Biotit-Aktinolith-Epidot vor mit Relikten einer vermutlich nur geringfügig höheren Metamorphose (Granat). Es ist nicht auszuschließen, daß die Metamorphose in ihrem Kulminationspunkt das "medium-stage" erreicht hat.

4. Lagerstättenkundlicher Teil

4.1. Allgemeiner Bau der vererzten Partien

Die Hauptvererzung konzentriert sich auf eine 50 - 60 m mächtige konkordante Zone in den Prasiniten (vgl. Abb. 2). Außerhalb dieser Zone kommt es gelegentlich zu unwesentlichen Erzkonzentrationen. Im Zuge der allgemeinen Tektonik stehen auch die Erzkörper + senkrecht und streichen überwiegend 60° - 80° . Vom Ausbiß der Lagerstätte im Röttal bis zum tiefsten Stollen sind etwa 600 m Höhenunterschied. Wie weit die Erzführung darüberhinaus andauert ist unbekannt. Gangart der Erze sind, wie bereits erwähnt wurde, stark chlorithaltige Gesteine. Die Vererzung liegt größtenteils in diffuser Imprägnierung vor, daneben findet man s-parallele Erzschnüre, Erzkonzentrationen an Klüften und typische metamorphe Mobilisate. Örtlich erreicht das Erz in konkordanten linsenförmigen Körpern bauwürdige Konzentrationen. Diese Linsen wurden von den Bergleuten zum Teil mit individuellen Namen belegt, sind bis zu einigen Metern mächtig und erstrecken sich bis zu einigen Zehnermetern Länge und Breite.

4.2. Erzmikroskopische Untersuchungen

Von D. DI COLBERTALDO & A. LEONARDELLI (1963) und L. CADROBBI (1969) liegen bereits detaillierte erzmikroskopische Berichte vor. Eigene Untersuchungen an 29 Erzanschliffen konnten deren Ergebnisse nur bestätigen, aber nicht erweitern. Es soll deshalb hier keine genaue Beschreibung, sondern nur ein kurzer Abriß der erzmikroskopischen Ergebnisse erfolgen.

Die Hauptparagenese besteht aus Pyrit, Kupferkies, Magnetkies, Magnetit, daneben Zinkblende, Ilmenit, Cubanit, Bornit, Hämatit, Vallerit (die Diagnostizierung von Vallerit wurde von Herrn Dr. K. WEBER-DIEFENBACH an der Elektronen-Mikrosonde bestätigt); die genannten Autoren berichten außerdem über Funde von Chalkocin, Covellin, Maghemit, Limonit, Mackinawit, Molybdänglanz.

Nicht vorhanden sind Pentlandit, Bleiglanz und Arsenide. Molybdänglanz, der in den Porhyry - Erzen eine große Rolle spielt, wird zwar von L. CADROBBI (1969) erwähnt, tritt aber außerordentlich sporadisch auf und darf für die vorliegende Lagerstätte als vollkommen unwesentlich bezeichnet werden. Die wichtigsten Erzminerale werden im folgenden beschrieben:

Pyrit:

Pyrit ist mit Abstand das häufigste Erzmineral in der Lagerstätte. Die Körner sind teilweise idiomorph, häufig gerundet oder kataklastisch zerbrochen, wobei die Risse oft durch Magnetkies oder Kupferkies verheilt wurden. Manchmal enthalten die Pyrite durch winzige Einschlüsse (hauptsächlich Gangart) bestäubte Felder, die als Altbestand gedeutet werden können.

Kupferkies:

Die Kupferkieskörner sind xenomorph und meist parallel s. länglich gestreckt. Sie können Zinkblendesternchen, Cubanitlamellen und orientierte Vallerite enthalten und zuweilen lanzettförmige polysynthetische Zwillingslamellen.

Magnetkies:

Der Magnetkies ist ebenso wie der Kupferkies immer xenomorph. Er enthält keine Pentlandit-Entmischungskörper.

Magnetit:

Magnetit konzentriert sich immer auf dünne Lagen oder Linsen. Die Magnetite sind überwiegend idiomorph bis hypidiomorph. Die Farbe ist bei parallelen Nicols grau, mit sehr schwach bräunlichem Unterton. Nach P. RAMDOHR (1955) ist die schwache Braunfärbung ein Zeichen für geringen Titangehalt. Die enge Verwachsung der Magnetite mit Ilmenit läßt auf eine Ti-Entmischung schließen. Die Magnetite enthalten im Kern häufig Pyriteinschlüsse.

Zerbrochene oder gedrehte Erzkörner, sowie zusammen mit dem Nebengestein verfaltete Erzpartien lassen auf ein prätektonisches Alter der Lagerstätte schließen. Erzmobilisationen, Einschlüsse von Erzkörnern in synmetamorph gesproßten Mineralien und verschiedene Mineralreaktionen machen sicher, daß die Vererzung zusammen mit dem Nebengestein metamorph überprägt worden ist.

Die Lagerstätte kann also als prätektonisch und prämetamorph entstanden angesehen werden.

Geologische Thermometer wie Cubanitlamellen oder Zinkblendesternchen, die allgemein als typisch für Bildungen höherer Temperatur gedeutet werden, können durch die Metamorphose zwanglos erklärt werden.

5. Geochemie

5.1. Analysenergebnisse

Im Anhang sind die Ergebnisse von 137 Vollanalysen tabellarisch aufgestellt.

In den Abb. 3 - 16 auf den folgenden Seiten ist die Elementverteilung entlang den Profilen B und C dargestellt. Die Elementverteilung im Profil A wurde hier nicht aufgeführt, da diese Serie keine erwähnenswerten Besonderheiten aufweist. Die Analysenwerte von Profil A werden nur für die Korrelations- und Variationsdiagramme verwendet.

Bemerkungen zu den folgenden Abb. 3 - 16:

Für Profil B wurden nicht alle im Bereich B gesammelten Werte benützt, nur die der Proben von NW nach SE: B 1 - 15, B 22 - 26, B 59 - 57, B 27, B 60 - 65, B 68, B 29, B 70 - 69, B 30 - 33 (vgl. Probeentnahmeplan im Anhang). Profil C folgt den Probennummern von NW nach SE C 1 - 40. Die Profile verlaufen quer zum Streichen. Die Meterangaben beziehen sich auf die umgerechnete wahre Mächtigkeit der Serien. Die Darstellungen sind so orientiert, daß sich NW oben, SE unten auf der Seite befindet. Diese Orientierung wurde gewählt, da, wie auf S.49 näher erläutert wird, einiges dafür spricht, daß in der bearbeiteten, heute steil stehenden Serie die stratigraphische Abfolge vom Liegenden ins Hangende von SE nach NW, also auf den Zentralgneis zu führt. Im Normalfall dagegen zeigt in der Schieferhülle der Hohen Tauern das Liegende der Schichten gegen den Zentralgneis.

Proben, die einem Prasinitkörper angehören, sind durch Striche oder gestrichelt miteinander verbunden. Liegt zwischen zwei Proben eine Karbonatschicht, so wurde der Strich weggelassen.

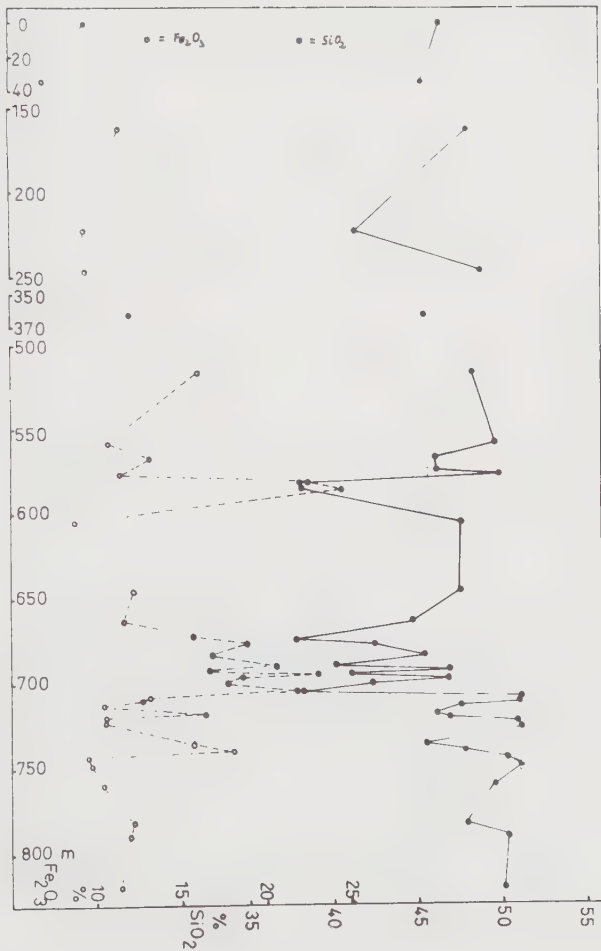


Abb. 3:

Profil B: SiO_2 -und Fe_2O_3 - Verteilung.

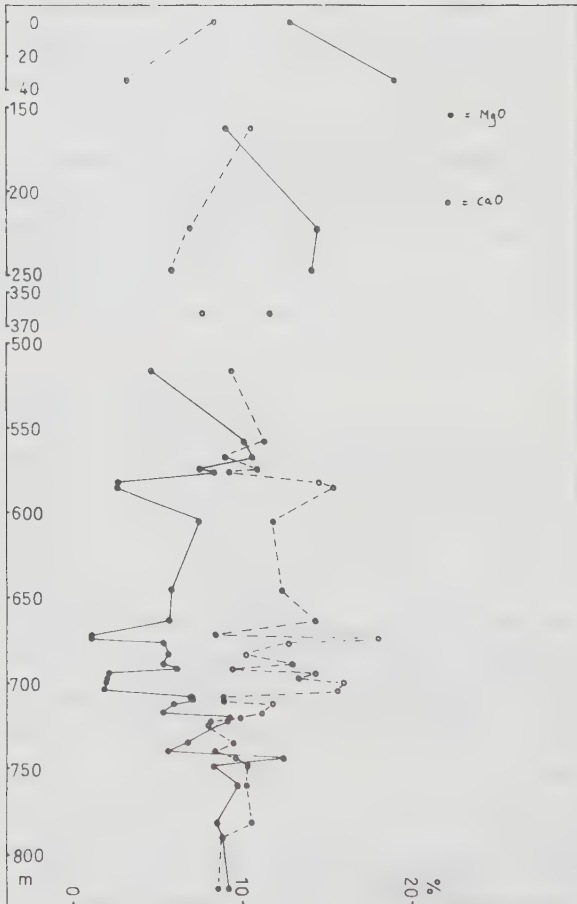


Abb. 4:

Profil B: CaO- und MgO - Verteilung.

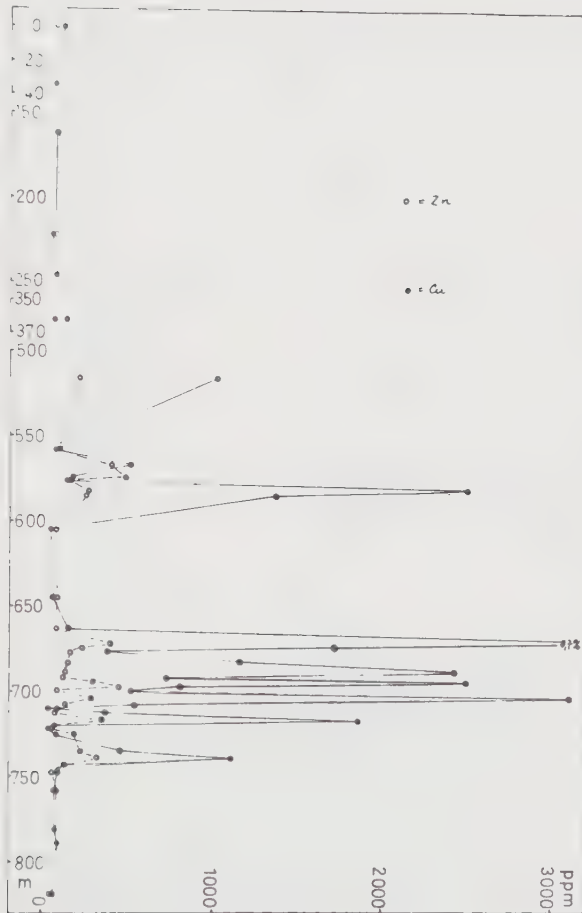


Abb. 5:
Profil B: Cu- und Zn - Verteilung.

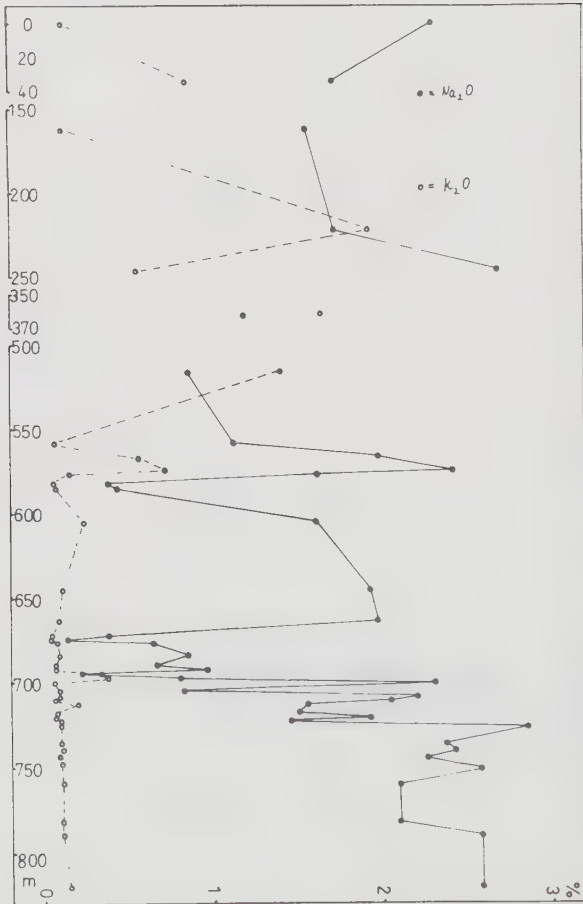


Abb. 6:

Profil B: Na_2O -und K_2O - Verteilung.

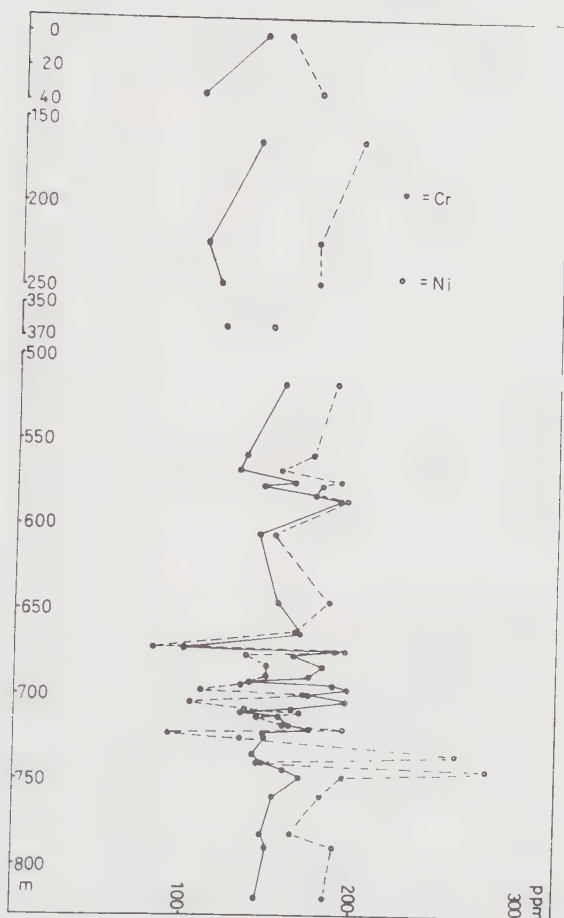


Abb. 7:

Profil B: Cr- und Ni - Verteilung.

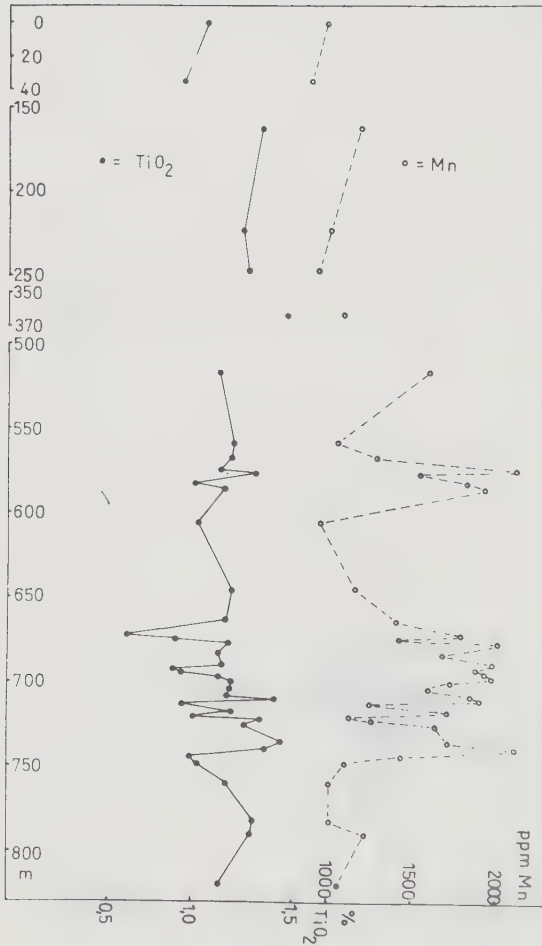


Abb. 8:

Profil B: TiO_2 - und Mn - Verteilung.

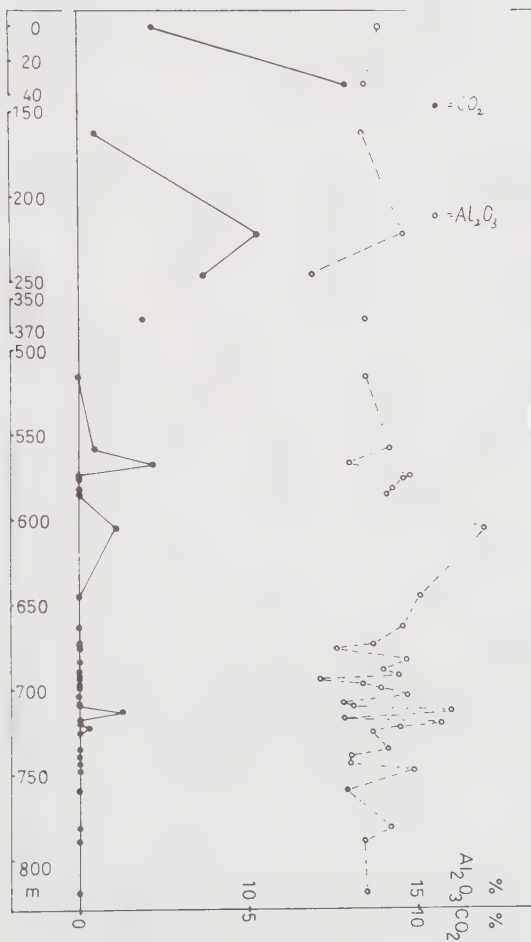


Abb. 9:

Profil B: Al_2O_3 - und CO_2 - Verteilung.

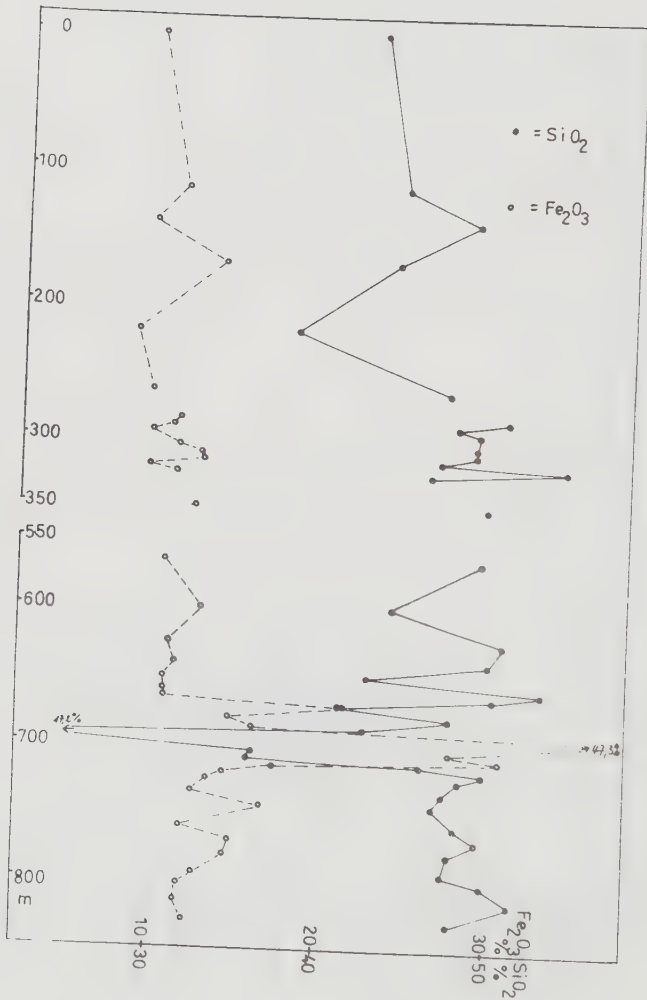


Abb. 10:

Profil C: SiO_2 , Fe_2O_3 - Verteilung.

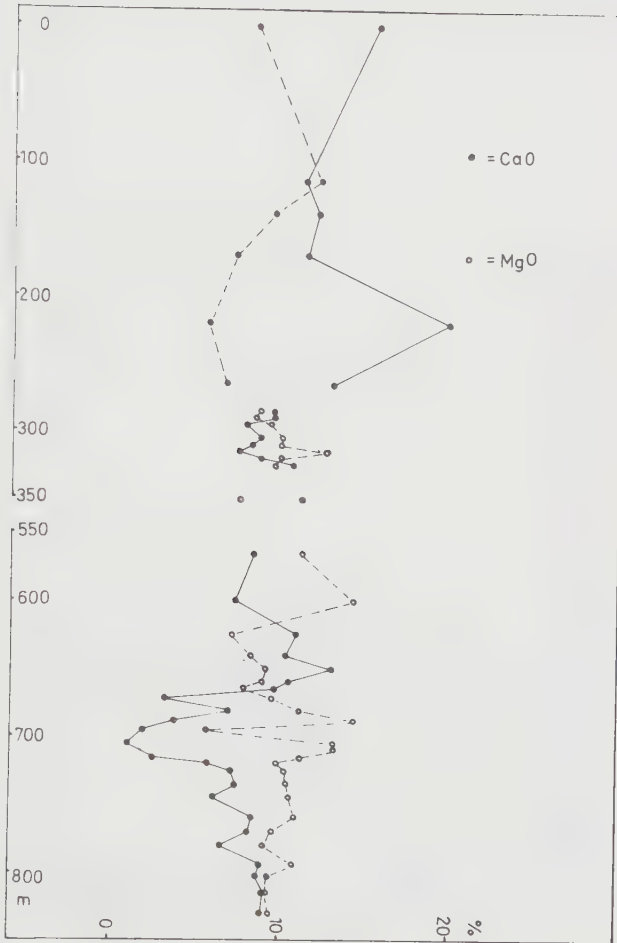


Abb. 11:

Profil C: CaO- und MgO - Verteilung.

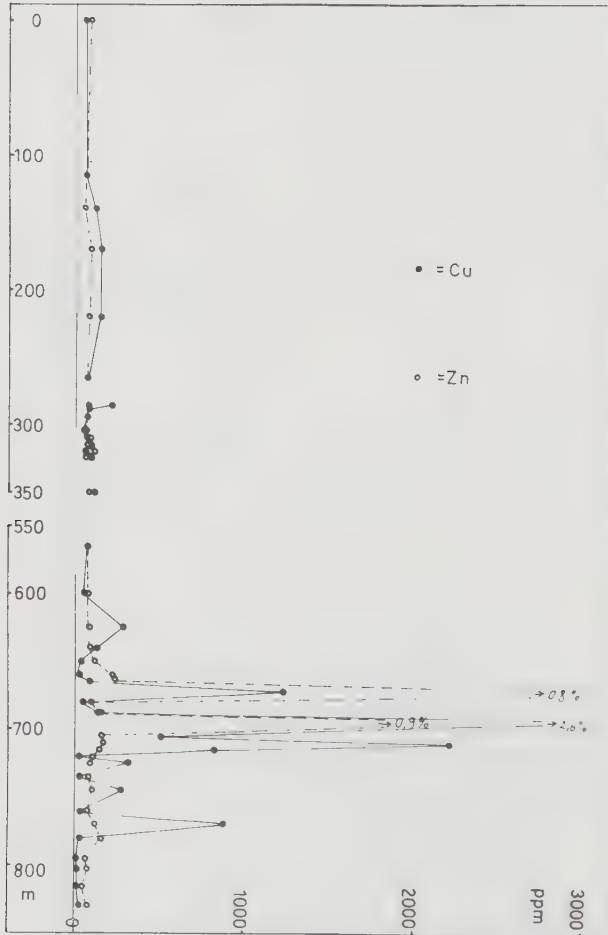


Abb. 12:
 Profil C: Cu- und Zn - Verteilung.

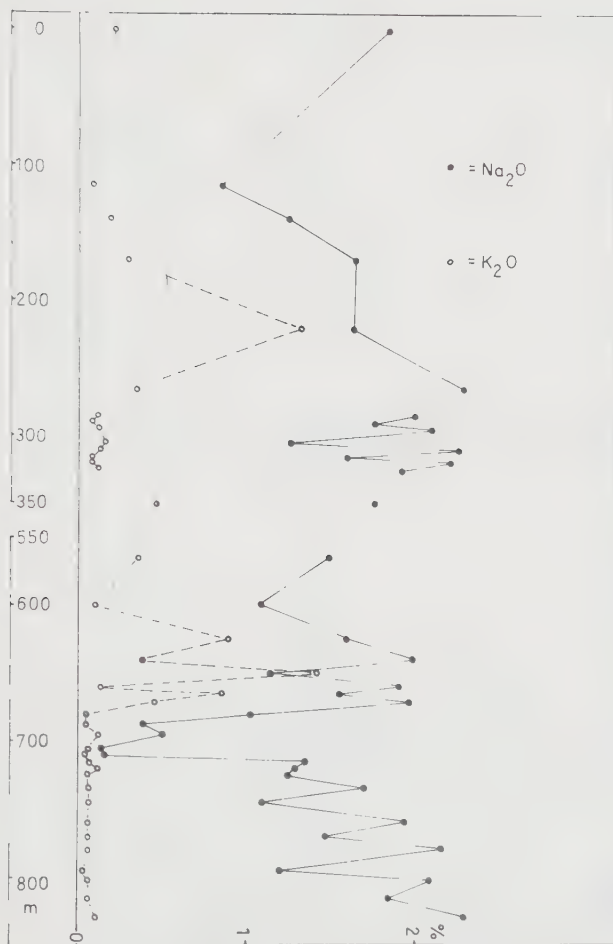


Abb.13:

Profil C: Na_2O - und K_2O - Verteilung.

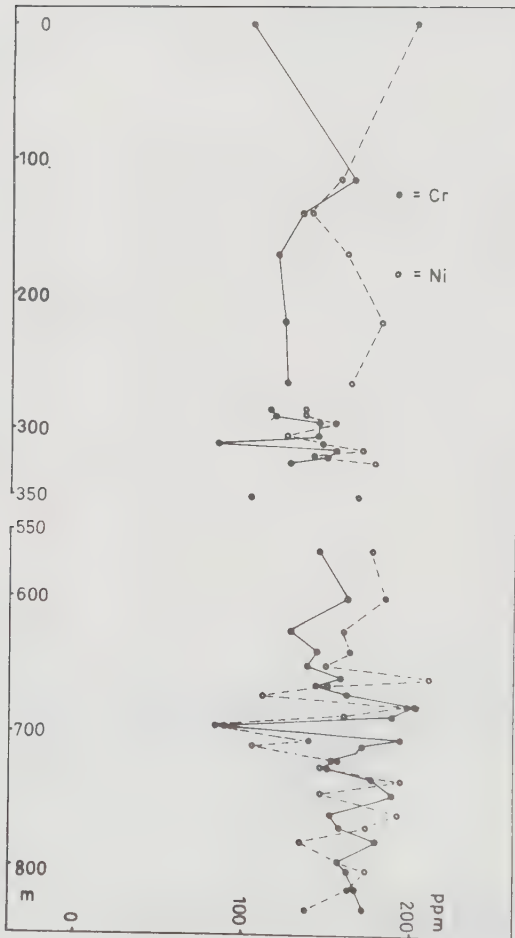


Abb.14:

Profil C: Cr- und Ni - Verteilung.

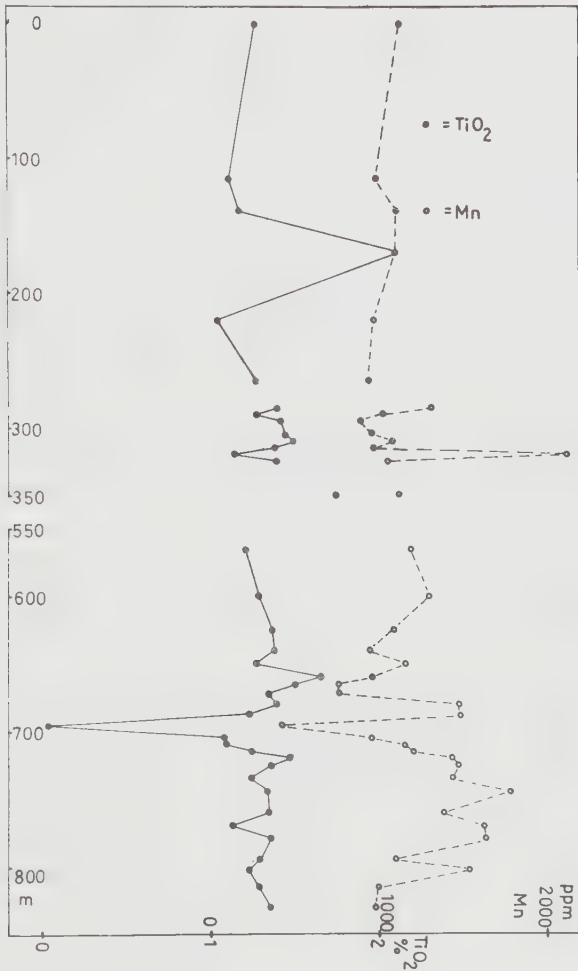


Abb.15:

Profil C: TiO_2 - und Mn - Verteilung.

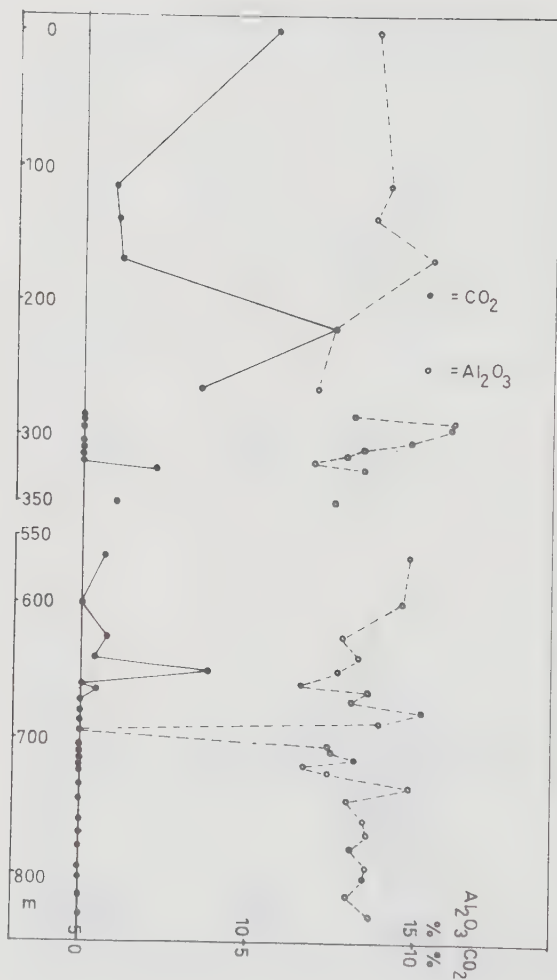


Abb. 16:

Profil C: CO_2 - und Al_2O_3 - Verteilung.

Kurz gefaßt kann zu den chemischen Analysen folgendes gesagt werden:

Eine Serie von normal-basaltischem Chemismus verzahnt sich in ihrem Hangenden mehr und mehr mit karbonatischem Material. Knapp unterhalb der Schichten mit erhöhten CO_2 - Gehalten liegt die erzführende Serie mit wesentlich gegenüber dem Untergrund erhöhten Fe_2O_3 -, Cu- und Zn-Gehalten, Die Mg-, Mn- und meist auch die Cr-Gehalte sind in den erzführenden Schichten geringfügig erhöht. Die Ca- und Na-Gehalte sinken parallel mit dem Ansteigen des Erzgehaltes auf teilweise nahezu Null ab. Verglichen mit den Hangend- und Liegendsschichten besteht in der erzführenden Serie also eine enorme Ca- und Na-Verarmung. Die SiO_2 -Gehalte gehen in der erzführenden Serie leicht zurück auf 35 - 40 %, gelegentlich auch noch weniger, so daß das Gestein als ultrabasisch bezeichnet werden kann. Ni ist in der erzführenden Serie manchmal verarmt, teilweise auch in normalen Gehalten anwesend. Ebenfalls gelegentlich verarmt sind Ti und K. Weitgehend indifferent verhält sich Al.

An 50 Proben wurden die Pb-Gehalte und halbquantitativ die Co- und Ag-Gehalte bestimmt. Keines der drei Elemente zeigt in der erzführenden Serie irgendein gesetzmäßiges Ansteigen oder Absinken. Co und Ag sind in den Analysentabellen nicht erwähnt. Die Co-Gehalte liegen etwa zwischen 30 und 50 ppm, die Ag-Gehalte zwischen 1 und 2 ppm.

5.2. Diskussion der Analysenergebnisse

Es wurde gezeigt, daß die erzführende Serie gegenüber den Hangend- und Liegendschichten chemische Anomalien aufweist. Dabei muß folgendes beachtet werden: Wenn zu einer definierten Gesteinszusammensetzung Erzminerale addiert werden, dann tritt bereits eine relative Verarmung an allen Gangartkomponenten ein. Um zu entscheiden, welche Elemente nur durch die Erzzufuhr relativ verarmt sind, bzw. bei welchen Elementen verglichen mit nicht vererzten Gesteinen eine tatsächliche Verarmung auftritt, soll folgende Rechnung durchgeführt werden:

Zu der Analyse B32 (normaler Prasinit) werden rechnerisch natürlichen Erzproben entsprechende Gehalte an Fe_2O_3 , MgO und Glühverlust addiert.

	B32	B32'	B32''	
SiO_2	50,3	34,9	37,2	%
Al_2O_3	13,4	9,3	9,9	%
Fe_2O_3	12,0	30,0	32,0	%
MgO	8,8	11,0	11,7	%
CaO	8,8	6,1	1,0	%
Na_2O	2,59	1,79	0,79	%
K_2O	0,11	0,08	0,08	%
TiO_2	1,35	0,94	1,00	%
Gl.v.	1,7	5,0	5,3	%
Summe	99,05	99,01	98,97	%

Die anderen Elemente werden dadurch verdünnt. Es entsteht ein Gestein mit dem Chemismus B32'. Die CaO - und Na_2O -Werte von B32' liegen im Vergleich mit den echten Erzproben wesentlich zu hoch. Die erzführende Serie ist also nicht nur

relativ, sondern echt an diesen Elementen verarmt. Falls CaO und Na_2O weggeführt worden sind (was im folgenden noch bewiesen wird), dann wurden die verbleibenden Elemente wieder etwas konzentriert. Rechnerisch ergibt sich, wenn 5 % CaO und 1 % Na_2O von B32'abgezogen werden, eine neue Analyse B32''. B32'' kann gut mit den natürlichen Erzproben C17, B35, B36 oder B41 verglichen werden, nur die SiO_2 -Gehalte liegen in den natürlichen Proben durchweg niedriger. Die Erzproben weisen also eine geringe echte Verarmung an SiO_2 auf.

Es gibt zwei Möglichkeiten, die geochemischen Anomalien zu erklären:

- a) Das Ausgangsmaterial der erzführenden Serie enthielt primär geringere SiO_2 -, CaO -, und Na_2O -Gehalte. Dieses Gestein wurde syn- oder epigenetisch vererzt.
- b) Das Nebengestein der Erzführung hatte ursprünglich denselben Chemismus wie die Hangend- und Liegendprasinite. Sekundär wurden dann, möglicherweise gleichzeitig mit der Erzzufuhr, die leichtlöslichen Bestandteile weggeführt.

Folgende Diagramme sollen zur Klärung des Problems beitragen:

Abb. 17 zeigt die $\text{CaO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ - Korrelation. Außerhalb der erzführenden Serie lassen die Werte eine unscharf negative Korrelation erkennen. Die Hangendprasinite besitzen teilweise einen erhöhten CaO -Gehalt, die Liegendprasinite zum Teil einen erhöhten Fe -Gehalt. In der erzführenden Serie wird die negative Korrelation weitergeführt. Es ist zu erkennen, daß mit zunehmendem Fe -Gehalt Ca abgeführt wurde.

Abb. 18 zeigt diesen Trend an hand der Niggli-Parameter c/fm noch viel deutlicher.

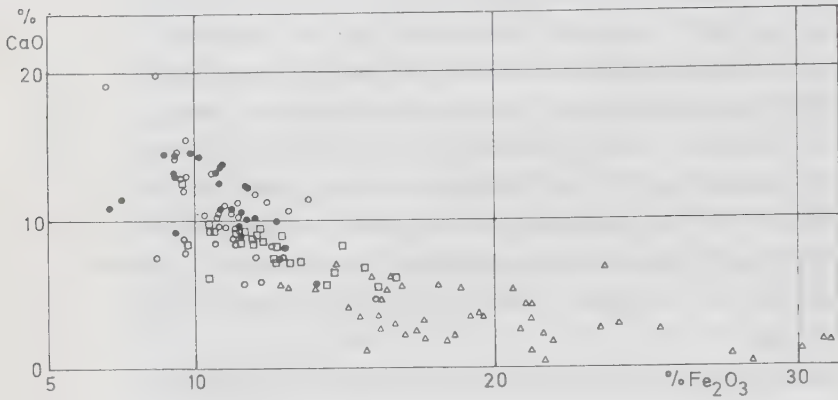


Abb.17: Korrelationsdiagramm $\text{CaO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$

Punkte: Profil A

Vierecke: Liegendprasinite

Kreise: Hangendprasinite

Dreiecke: Erzführende Serie

Profile B und C

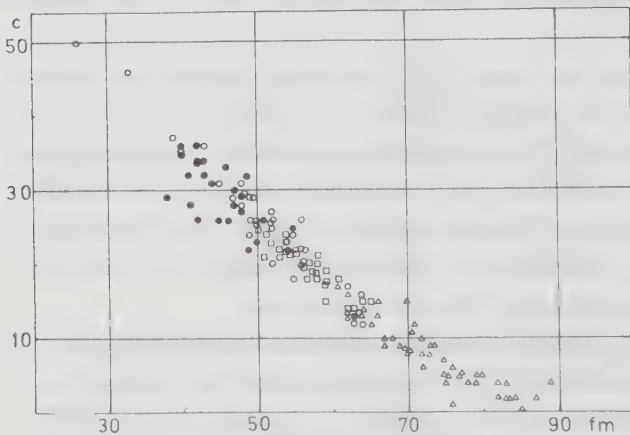


Abb.18: Variationsdiagramm c/fm

In dem $\text{Na}_2\text{O}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ - Korrelationsdiagramm Abb.19 streuen die erzfreien Proben in einem breiten Feld ohne erkennbare Korrelation. In Richtung erhöhter Fe-Gehalte liegen die Punkte in breiter Streuung um eine deutlich negative Korrelationsgerade. Je höher die Fe-Gehalte, umso geringer ist die Streuung. Es kann ersehen werden, daß Na im Zusammenhang mit Fe-Zufuhr abgeführt wurde.

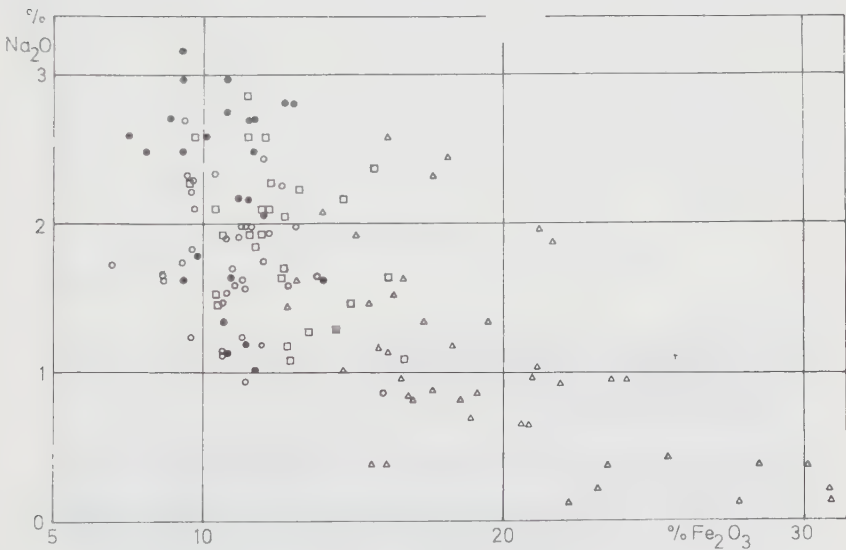


Abb.19:

$\text{Na}_2\text{O}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ - Korrelationsdiagramm (Signaturen siehe S. 40)

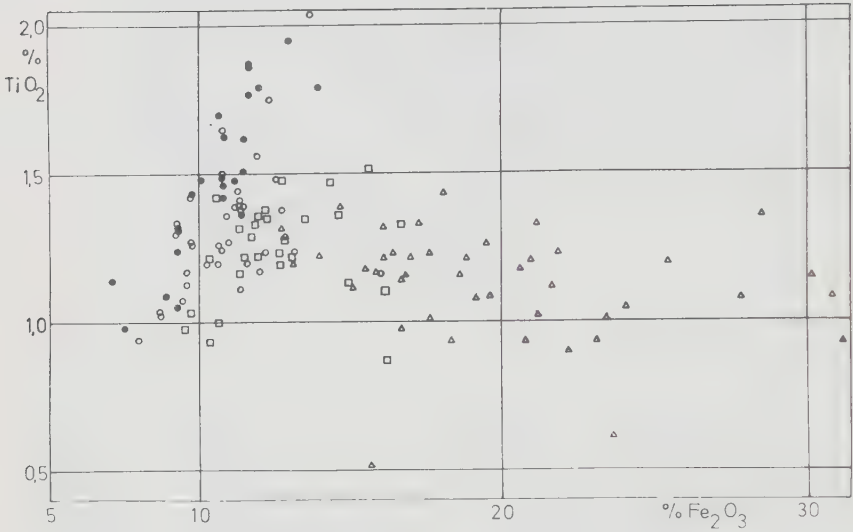


Abb. 20:

Korrelationsdiagramm $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$

(Signaturen siehe S. 40)

Die erzfreie Serie Profil A und die Hangendprasinite der Lagerstätte zeigen eine ziemlich scharfe positive $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Korrelation. Die Liegendprasinite nehmen auch hier wieder das Verbindungsfeld zwischen Hangendschiefern und Erzen ein. Sie enthalten bei niedrigen bis mittleren TiO_2 -Werten etwas mehr Fe als die Hangendprasinite. Vom Feld der Liegendprasinite aus ziehen sich die Erzproben mit schwach negativ ausgebildeter Korrelationsrichtung in Richtung erhöhter Fe-Gehalte.

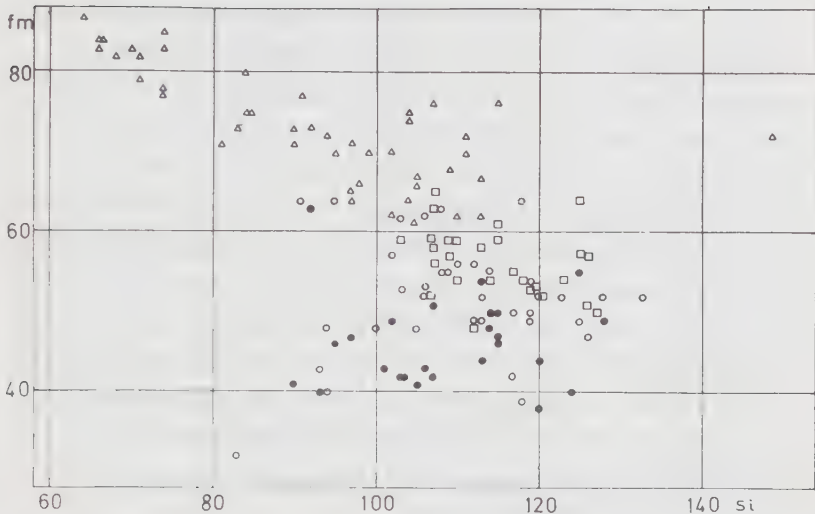


Abb. 21: Variationsdiagramm fm/si
(Signaturen siehe S.40)

In Abb.21 sind zwei Korrelationstrends zu beobachten: In der erzführenden Serie ist die Korrelation negativ, in Profil A und den Hangendprasiniten ist sie positiv. Die Liegendprasinite verbinden die beiden Felder. Die positive Korrelation kommt wahrscheinlich durch die Verzahnung der Grünschiefer mit Karbonatgesteinen zustande. In diesem Fall nehmen fm und si gleichzeitig zu bzw. ab. Die Liegendprasinite, die kein, oder nur sehr wenig CO_2 enthalten, nehmen deshalb das Feld erhöhten si ein. Sie folgen teils der positiven, teils der negativen Korrelationsgeraden. Die negative Korrelationsgerade der erzführenden Serie führt genau auf das Feld höherer si-Werte zu. Vererzt wurden also Gesteine von ursprünglichem Chemismus der Liegendenschiefer. Bei zunehmendem fm wurde si abgeführt.

Ein ähnliches Bild zeigt das CaO/SiO_2 - Korrelationsdiagramm. Auch hier haben wir zwei Korrelationsrichtungen: Eine positive im Bereich der erzführenden Serie und eine negative im Bereich Profil A und Hangendprasinite. Die negative Korrelation kommt durch die Verzahnung der Prasinite mit Karbonaten zustande, die positive durch das gemeinsame Abwandern von Ca und Si während der Vererzung. Der Kreuzungspunkt der beiden Korrelationsgeraden liegt etwa bei $\text{CaO} = 7 - 10 \%$. Vererzt wurden also Gesteine mit normalem basaltischem Kalziumgehalt, nicht aber Gesteine mit erhöhtem Kalziumgehalt. Die Liegendenschiefer nehmen zum Teil das Feld normaler CaO und SiO_2 -Gehalte ein, zum Teil überlappen sie sich mit dem Feld der Erzproben. Die Liegendenschiefer sind offensichtlich wesentlich stärker metasomatisch beeinflusst worden als die Hangendprasinite.

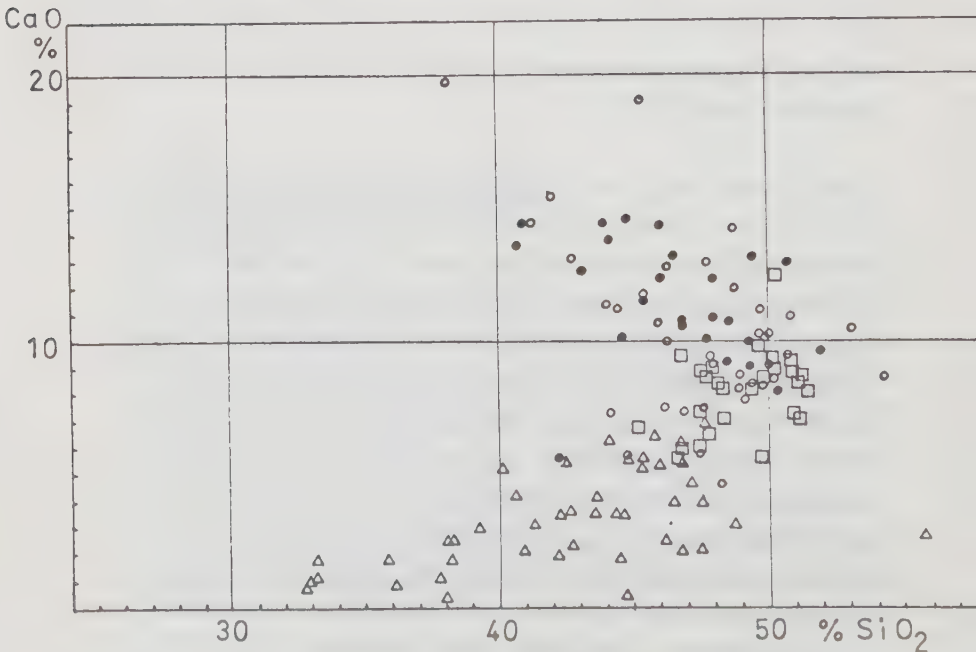


Abb. 22: Korrelationsdiagramm CaO/SiO_2
(Signaturen siehe S. 40)

Zusammenfassend kann zu den Korrelations- und Variationsdiagrammen folgendes gesagt werden:

Aus den Diagrammen geht hervor, daß die geochemischen Anomalien der erzführenden Serie nicht primär vor der Vererzung vorhanden waren, sondern durch die Vererzung bedingt wurden. Bei gleichzeitiger Erzzufuhr sind die leichtmobilen Elemente Na, Ca, Si, gelegentlich auch Ni aus dem Nebengestein abgeführt worden. Vererzt wurden Gesteine ursprünglich normal basaltischer Zusammensetzung. Die Liegendprasinite sind während der Vererzung stärker metasomatisch beeinflusst worden als die Hangendprasinite.

Dieses Bild wird durch das Dreiecksdiagramm der Niggliwerte $c - 100\text{mg} - (\text{al-alk})$ bestätigt.

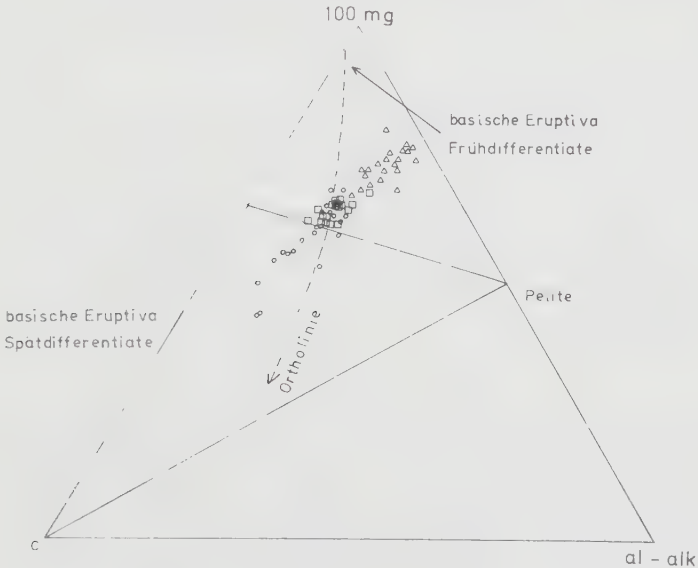


Abb. 23: Dreiecksdiagramm Niggliparameter $c - 100\text{mg} - (\text{al-alk})$ nach B. LEAKE (1964). (Signaturen siehe S. 40)

Die überwiegend basischen Erzproben liegen in Abb. 23 nicht auf der Ortholinie in dem Feld der basischen Frühdifferentiate. Sie ziehen sich von dem engbegrenzten Feld, das der größte Teil der Liegendprasinite und ein Teil der Hangendprasinite einnehmen in Richtung niedrigeren c . Ein Teil der Hangendprasinite weicht in Richtung erhöhten c von der Ortholinie ab. Die gezeigten metasomatischen Veränderungen des Nebengesteins im Bereich der erzführenden Serie sind sicher durch die Reaktion mit einer hydrothermalen Lösung entstanden. Der Begriff "hydrothermal" soll hier nicht, wie es vor allem in der älteren Literatur der Fall ist, in genetischem Sinne verstanden werden, wo hydrothermal eng mit epigenetisch verknüpft wird. Das Wort wird rein beschreibend gebraucht im Sinn von "wässrige Lösung erhöhter Temperatur". Durch die Annahme einer hydrothermalen Lösung lassen sich auch folgende "Ungereimtheiten" erklären:

- a) Obwohl die Erzproben weniger SiO_2 enthalten als die Liegend- und Hangendprasinite ist der Gehalt an freiem Quarz größer.
- b) Obwohl Mg und Ca aufgrund ihrer benachbarten Stellung im Periodensystem weitgehende Parallelen im chemischen Verhalten aufweisen, wurde Mg im Erzkörper angereichert, Ca dagegen weggeführt.

zu a)

Hier haben wir den Vergleich mit einer rezenten Lagerstättenbildung zur Verfügung, bei der die ursprünglichen Mineralreaktionen durch keine Metamorphose verwischt wurden. R. SCHOEN & D. WHITE (1965) untersuchten den Einfluß rezenter Hydrothermalen in Steamboat Springs, Nevada auf das Nebengestein. Auch hier gingen bei gleichzeitigem Ausfällen einiger Metalle hauptsächlich Na, Ca und Si in Lösung.

Trotzdem enthält das derart beeinflusste Gestein einen erhöhten Quarzgehalt. SiO_2 wird hier nachweislich durch die Umsetzung einiger Feldspäte zu Tonmineralien freigesetzt. Nur ein Teil des freien SiO_2 bleibt in Lösung, ein anderer wird als Quarz ausgefällt.

zu b)

Es ist bei einer Reaktion von Lösungen mit den vorliegenden Basiten mit einer Metasomatose vom propylitischen oder chloritischen Typ zu rechnen (H.BARNES et al., 1967). Das Ausfällungsmilieu dürfte schwach basisch gewesen sein (vgl. Abb.25). In diesem Fall fällt Mg schon als schwerlösliches $\text{Mg}(\text{OH})_2$ aus, während $\text{Ca}(\text{OH})_2$ noch in Lösung bleibt. Das Magnesium wurde in den Chloriten gebunden, Ca wurde abgeführt. Auf diese Weise ist die negative MgO/CaO - Korrelation in Abb.24 erklärbar.

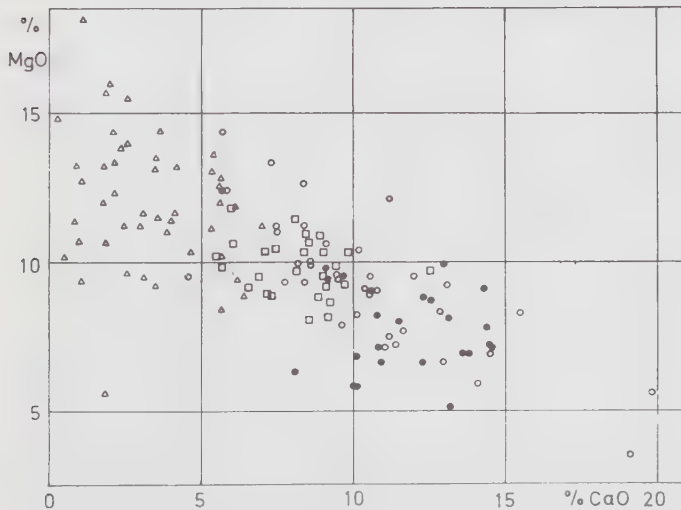


Abb. 24: Korrelationsdiagramm MgO/CaO
(Signaturen siehe S. 40)

H. BARNES et al. (1967) versuchen, ausgehend von der Erzparagenese und der Art der Umwandlung des Nebengesteins auf die physikochemischen Daten der hydrothermalen Lösung bzw. des Ausfüllungsmilieus zu schließen. Als wichtigste Parameter werden Sauerstoff- und Schwefelfugazität und pH genannt. In Abb. 25 ist das System Cu-Fe-S-O bei 250° C dargestellt.

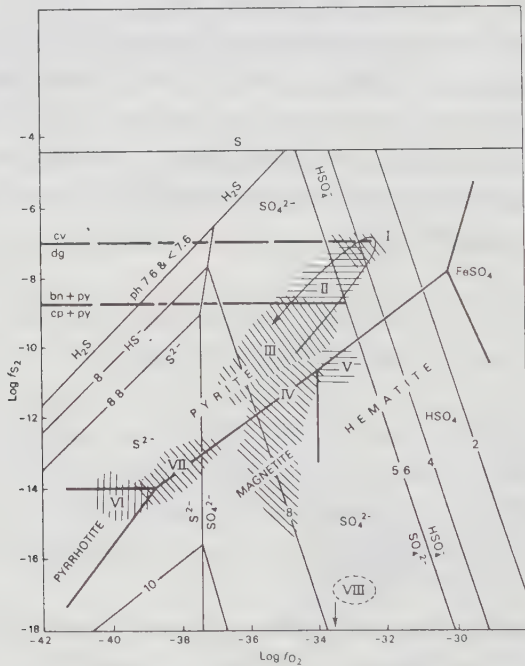


Abb. 25: Fugazität-pH Diagramm im System Cu-Fe-S-O, nach H. BARNES et al. (1967, S. 220) bei 250° C. Schraffierte Felder: Verschiedene Mineralparagenesen. Dicke Linien: Gleichgewichtslinien zwischen festen Sulfid- und Oxidphasen. Dünne Linien: pH-Isolinien.

Die Erzparagenese der Prettau Lagerstätte (Magnetkies, Pyrit, Kupferkies, Magnetit) entspricht Feld VII. Als Beispiel für diese Paragenese wird von den Autoren die Lagerstätte Noranda, Quebec angegeben. Für die genannte Paragenese soll eine weitgehende Chloritisierung des Nebengesteins typisch sein. Folgende Daten können aus dem Diagramm ersehen werden: Relativ niedrige O_2 - und S_2 -Fugazitäten, leicht basischer pH-Wert. Falls die Temperatur um $100^{\circ}C$ erhöht wird, erniedrigt sich der pH-Wert um 2 - 3 Einheiten. Extrapolationen auf höhere Temperaturen sind allerdings problematisch.

5.3. Zur stratigraphischen Orientierung des vererzten Prasinitkomplexes

Es ist nicht einfach, in der steil bis saiger stehenden Prasinitserie bei Prettau zwischen Hangendem und Liegendem zu unterscheiden. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß im Normalfall im Penninikum der Hohen Tauern das Liegende der Schieferhülle auf den Zentralgneis hin verläuft. Einige Entwicklungstrends in vorliegender Serie sprechen jedoch dafür, daß hier genau der umgekehrte Fall vorliegt, also das Hangende der Schichten nach NW gegen den Zentralgneis zeigt. In diesem Sinn wurden die Begriffe "Hangend" und "Liegend" in den vorigen Abschnitten bereits vorausgreifend gebraucht. Folgende Hinweise stehen für die stratigraphische Orientierung der Serie zur Verfügung:

a) Im c - 100mg - (al-alk) - Dreiecksdiagramm auf S.45 nehmen die Liegendeschiefer ein begrenztes Feld auf der Differentiationslinie basischer Eruptiva ein. Die Hangendprasinite sind

in Richtung der basischen Spätdifferentiate aufgereiht, wobei sie von der Ortholinie teilweise abweichen. Knapp oberhalb der erzführenden Serie setzen erhöhte K- Ca- und CO_2 - Gehalte ein, alles Charakteristika exogener Beeinflussung, durch die das Abweichen von der Ortholinie, also der Paracharakter verschiedener Proben aus der Hangendserie erklärlich wird.

b) Die Verteilung der $\mathcal{T}$ -Werte im Profil C ist in Abb. 26 dargestellt. Profil C wurde deshalb gewählt, weil hier die Hangendserie genauer beprobt wurde als in Bereich B. Nach V. GOT-TINI-GRASSO (1967) ist $\mathcal{T} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}}{\text{TiO}_2}$;

Mantelmaterial besitzt ein Maximum bei $\mathcal{T} = 5$; Krustenmaterial bei $\mathcal{T} = 12$. Es ist zu erwarten, daß bei dem initialen Geosynklinalvulkanismus, dessen Abkömmlinge die vorliegenden Prasinite darstellen, Mantelmaterial gefördert wurde. In der Liegendserie schwanken die $\mathcal{T}$ -Werte um 9, bei erhöhter Fe-Führung schnellen sie sofort auf 11 - 12 hoch. Offensichtlich wurde der ursprüngliche Gesteinschemismus durch die hydrothermalen Lösungen metasomatisch derart beeinflusst, daß aus dem primären Mantelmaterial ein Pseudokrustenmaterial wurde. In der Hangendserie können verschiedene Lagen ausgehalten werden, innerhalb derer der $\mathcal{T}$ -Wert von 5 - 7 auf 11 - 12 ansteigt. Man kann annehmen, daß in einem Vulkanbau der $\mathcal{T}$ -Wert von unten nach oben ansteigt, da die obersten Schichten am intensivsten durch exogene Einflüsse (Verwitterung, Vermischung mit terrigenem Detritus) bzw. vulkanische Restlösungen beeinflusst werden, die den Chemismus des Mantelmaterials verändern.

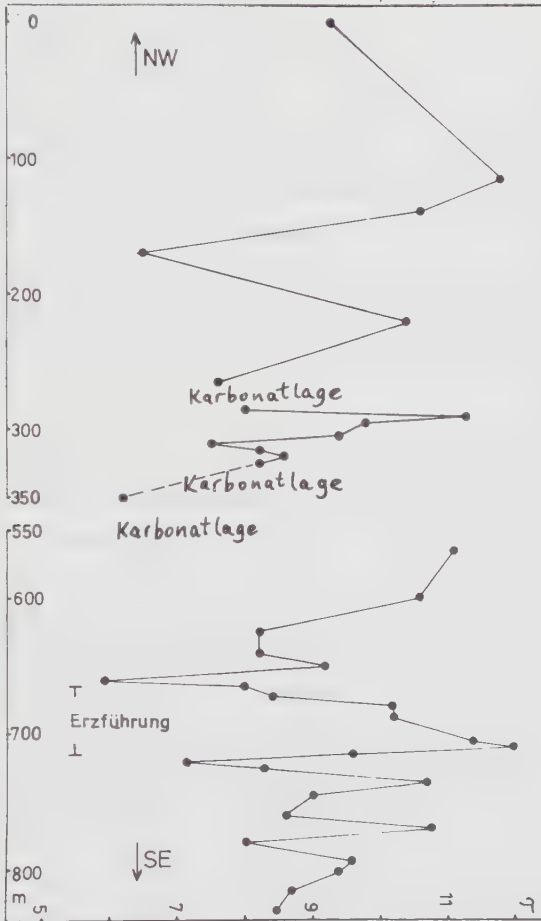


Abb. 26:
Verteilung der τ -Werte in Profil C

c) Die Zonierung der Metasomatose ist unsymmetrisch. Aus den Korrelationsdiagrammen kann ersehen werden, daß die Liegendschiefer durchweg stärker ausgelaugt worden sind als die Hangendschiefer. Die geochemischen Profile zeigen, daß die CaO - und Na_2O -Gehalte in der Liegendserie langsam in Richtung der erzführenden Serie absinken, um über der Erzführung schlagartig auf teilweise über normal wieder anzuheben. Erklärung: Die Liegendserie wurde von den erzbringenden Lösungen metasomatisch beeinflusst, aber nicht die Hangendschiefer, wenn man annimmt, daß diese erst später darüber abgelagert wurde.

d) A.KINKEL (1966) stellt fest, daß schichtgebundene Kiesvorkommen besonders in den obersten Teilen vulkanischer Serien vorkommen. Direkt über den Erzkörpern beginnen häufig Sedimente. In der Lagerstätte Prettau bildet die erzführende Serie zwar nicht die Grenze zwischen Vulkaniten und Sedimenten, aber immerhin die Grenze zwischen einer Serie von normal basaltischem Chemismus und einer Serie, in der sich deutlich exogen beeinflusste Prasinite, die wenigstens zum Teil als Paraprasinite anzusprechen sind, mit Karbonatgesteinen verzahnen. Das Hangende wäre dann nach der Vorstellung von A.KINKEL in Richtung der Paraprasinite zu suchen.

Alle unter a) bis d) gesammelten Fakten sprechen dafür, daß in der Prasinit-Karbonatserie bei Prettau das Hangende gegen NW und das Liegende gegen SE zu suchen ist.

6. Zur Genese der Lagerstätte

H. SCHNEIDERHÖHN (1962) weist auf die häufige Bindung von Kupfer an basische Eruptiva hin. Die Prettau Lagerstätte kann SCHNEIDERHÖHN's "Chloritischer Kupferformation" zugeordnet werden, einem Lagerstättentyp mit weltweiter Verbreitung.

H. P. GEIS (1960) stellt fest, daß sich schichtgebundene Blei - Zink - Pyrit - Lager und Pyrit - Kupferkieslager vor der kaledonischen, der variskischen und der alpidischen Faltung in einsinkenden Geosynklinalbecken gebildet haben. In dieses Schema paßt auch die Prettau Lagerstätte mit ihrer Bindung an basischen, initial-alpidischen Vulkanismus. Die Prettau Kieslagerstätte ist gemäß der Lagerstättenkarte von O. M. FRIEDRICH (1953) Glied einer ganzen Kette von Kiesvorkommen in der jüngeren Schieferhülle der Hohen Tauern. Die bekanntesten von ihnen sind das Vorkommen im Großarlal, nach dem auch die anderen Lagerstätten als "Typ Großarlal" benannt werden und Fragant. Diese beiden Vorkommen wurden von mir im Sommer 1972 begangen. Sie weisen zur Prettau Lagerstätte große Ähnlichkeiten auf. Auch dort gibt es Prasinite, die sich mit Karbonatgesteinen verzahnen und in den Prasiniten schichtförmig, konkordant die erzführende Serie. Nebengestein der Erzführung bilden auch hier stark chlorithaltige Gesteine. Die Erzparagenesen sind nach O. M. FRIEDRICH (1936) und S. PREY (1962) dieselben wie in Prettau. Man kann bei dem ganzen Gürtel von Kieslagern in der jüngeren Schieferhülle wohl von einer metallogenetischen Provinz sprechen.

Folgende Genesevorschläge stehen bereits zur Diskussion:

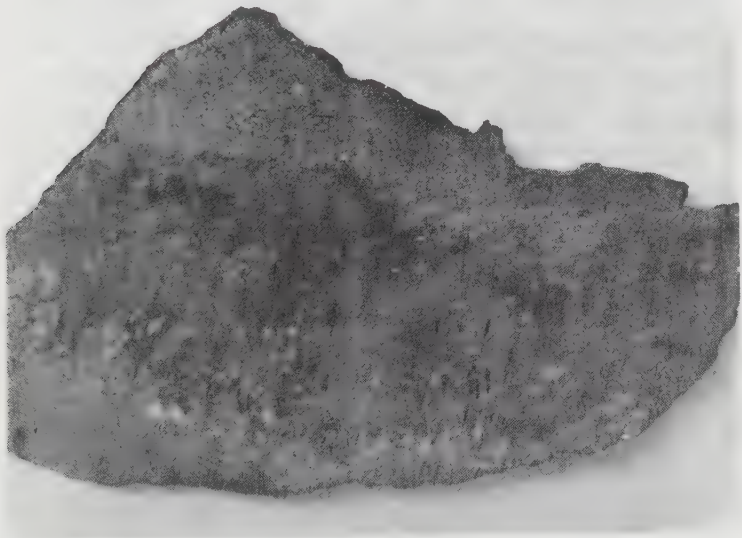
D. di COLBERTALDO & A. LEONARDELLI (1963) erachten die Genese der Prettau Lagerstätte als liquidmagmatisch.

O.M.FRIEDRICH (1936) schlägt für die Lagerstätte im Großarlal eine epigenetisch-hydrothermale Bildung während einer tektonischen Durchbewegung vor, wobei ein primär in den Prasiniten vorhandener Kieskeim ausfällend auf die Lösungen gewirkt habe. Sedimentäre Bildung schließt er aus. FRIEDRICH schließt sich jedoch 1968 der Meinung von S.PREY(1962) an, der für die Fraganter Lagerstätte die Annahme einer syngenetisch sedimentären Bildung in Tuffen und Laven begründet. F.HEGEMANN hatte sich bereits 1942 für eine extrusiv sedimentäre Bildung der Lagerstätten Großarlal und Fraganter ausgesprochen. Als Begründung dienten ihm die Ni- und Co- Spurengehalte in den Pyriten. Zwischen Syn- und Epigenese liegt die Vorstellung von B.TAYLOR (1964), der die Bildung von syndiagenetischen Kieslagerstätten durch zirkulierendes Conate Water für möglich hält. Die Schwermetalle könnten durch frühdiagenetisch kristallisierte Pyrite, durch vulkanischen Schwefel, oder durch vorhandenes H_2S ausgefällt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit widerlegen auf jeden Fall eine liquidmagmatische Entstehung der Lagerstätte. In einer intramagmatisch gebildeten Lagerstätte müßten die Nickelgehalte höher liegen. Außerdem würde bei der Annahme einer liquidmagmatischen Genese der Erze ein intrusives Ausgangsmaterial der Prasinite gefordert. Es handelt sich aber bei den Prasiniten sicher um ehemalige basische Vulkanite. Die geochemischen Daten sprechen eindeutig dafür, daß Hydrothermen für die Erzzufuhr und für die Propylitisierung des Nebengesteins vorhanden waren. Weiterhin wurde gezeigt, daß die Lagerstättenbildung bereits prämetamorph und prätektonisch erfolgte. Zu diskutieren sind also nur noch folgende Möglichkeiten:

- a) hydrothermal synsedimentär
- b) hydrothermal syndiagenetisch
- c) hydrothermal epigenetisch

Gegen eine epigenetische Entstehung der Lagerstätte sprechen folgende Tatsachen:

Die Lagerstätte ist konkordant und schichtförmig. Bei einer epigenetischen Stoffzufuhr müßten die Erzkörper nicht nur den Schichtflächen, sondern auch den Klüften folgen. Außerdem wäre eine gleichermaßen metasomatische Beeinflussung der Hangend- und Liegendschichten zu erwarten. Die Liegendschichten sind jedoch stärker ausgelaugt worden. Schließlich konnten noch sedimentäre Erzgefüge aufgefunden werden (vgl. Abb. 27)



— 5 cm

Abb. 27: Vererzter Prasinit mit sedimentären Reliktgefügen

Diese Fakten sprechen für eine Entstehung der Lagerstätte nach Möglichkeit a) oder b), was außerdem die Vorstellung des Stoffzufuhrproblems erleichtert. Es stehen Hydrothermen zur Verfügung. Ob diese Hydrothermen juvenil - vulkanischen Ursprungs waren, oder ob es sich um vadosa Wässer oder Connate Water gehandelt hat ist ohne Bedeutung. D. WHITE (1968), basierend auf Arbeiten von E. ROEDDER über die Zusammensetzung von Flüssigkeitseinschlüssen und eigener Untersuchungen an rezenten Hydrothermen, weist darauf hin, daß hydrothermale Lösungen Na- und Cl-reich, aber arm an Sulfidionen sind. Die Löslichkeit von Schwermetallsulfiden ist bekannterweise außerordentlich niedrig. Dagegen können ohne weiteres bedeutende Schwermetallmengen als Chloridkomplexe transportiert worden sein. Ob nun H_2S -Exhalationen oder bereits vorhandene Pyrit- oder Schwefellagen die Ausfällung der Schwermetalle bewirkt haben sei dahingestellt. Ebenso kann nicht festgestellt werden, ob die Erzanreicherung synsedimentär oder syndiagenetisch erfolgte. Eine Trennung zwischen beiden Bereichen ist ohnehin schwierig. Submarines Milieu war sicher erforderlich. Nach D. WHITE (1968) treten hydrothermale Lösungen aufgrund ihrer hohen Dichte nur sehr selten an terrestrischen Oberflächen aus. Dagegen ist ein Austritt am Meeresgrund möglich, wo sich die Lösungen ausbreiten und das spezifisch leichtere Meerwasser aus den Porenräumen der permeablen Sedimente verdrängen können.

Die Lagerstätte ist nach allen zur Verfügung stehenden Beobachtungen hydrothermal synsedimentär bis syndiagenetisch entstanden. Gut denkbar wäre auch eine mehrphasige Genese:

Synsedimentäre bis frühdiagenetische Stoffzufuhr und spätdiagenetische, möglicherweise auch noch metamorphe Stoffkonzentration. Es ist deshalb schwierig, die Genese der Lagerstätte mit einem bestimmten Namen zu belegen. Wenn die Definition des Begriffes "synsedimentär" weit genug gefaßt wird, kann die Lagerstätte als "submarin-synsedimentär" bezeichnet werden.

Literatur

- ANDERSON, C.A.: Massive Sulfide Deposits and Volcanism.-
Econ.Geol., 64, 129 - 146, 1969.
- BARNES, H. et al.: Geochemistry of hydrothermal ore deposits.-
670 S., New York, (Holt, Rinehart & Winston), 1967.
- BIANCHI, A. und DAL PIAZ, G.: Carta Geologica delle Tre
Venezie alla scala 1 : 100 000, Padova 1930.
- CADROBBI, L.: Il Giacimento - Piritoso - Cuprifero di San
Valentino di Predoi.- Diss. Univ. Padova 1969.
- DI COLBERTALDO, D & LEONARDELLI, A.: Il Giacimento Cup-
rifero di San Valentino di Predoi nell'Alta Valle
Aurina.- Est.Mem.Acc.Pat.SS.LL.AA.Cl.Sc.Mat.Nat. ,
75, 1 - 35, 1963.
- EXNER, CH.: Tektonik, Feldspatausbildung und deren gegensei-
tige Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern.-
Tscherm.miner.petr.Mitt., 1, (1949), 197 - 284, 1950.
- FRASL, G.: Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mitt-
leren Hohen Tauern.- Jb.geol.Bundesanst., 101,
323 - 472, 1958.
- FRIEDRICH, O.M.: Zur Geologie der Kieslager des Großarlta-
les.- Sitzungsber.Ak.Wiss.Wien, Math.naturwiss.Kl.,
Abt.I., 145, 121 - 152, 1936.
- - Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen.- Radex Rundsch.,
371 - 407, 1953; mit Karte 1 : 500 000.
- - Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des
Gebirgsbaues.- Arch.Lagerst.forsch., 8, 136 S., 1968.
- GEIS, H.P.: Frühorogene Sulfidlagerstätten.- Geol.Rundsch.,
50, 46 - 51, 1960.
- GOTTINI-GRASSO, V.: The TiO_2 -frequency in volcanic rocks.-
Geol.Rundsch., 57, 930 - 935, 1968.

- HEGEMANN, F.: Die geochemische Bedeutung von Kobalt und Nickel im Pyrit.- Z. angew. Mineral., 4, 121 - 139, 1943.
- KINKEL jr. A.: Massive pyritic deposits related to volcanism and possible methods of emplacement.- Econ. Geol., 61, 673 - 694, 1966.
- LEAKE, B.E.: Chemical distinction of ortho- and paraamphibolites.- J. Petrol., 5, 238 - 254, 1964.
- - et al.: The chemical analysis of rock powders by x-ray fluorescence.- Chem. Geol., 5, 7 - 86, 1969.
- MADEL, J.: Magmatische Entwicklung der Massivgranite der nördlichen Oberpfalz.- Diss. Univ. München, 1968.
- PREY, S.: Der ehemalige Großfraganter Kupfer- und Schwefelkiesbergbau.- Mitt. Geol. Ges. Wien, 54, 163 - 200, 1962.
- RAMDOHR, P.: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.- 2. Aufl., 875 S., Berlin, (Akademie-Verlag), 1955.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Erzlagerstätten-Kurzvorlesungen.- 4. Aufl., Stuttgart, (Gustav Fischer Verlag), 1962.
- SCHOEN, R. & WHITE, D.E.: Hydrothermal alteration in GS-3, and GS-4 drillholes, Main Terrace, Steamboat Springs, Nevada.- Econ. Geol., 60, 1411 - 1421, 1969.
- WHITE, D.E.: Environment of generation of some basemetal-ore-deposits.- Econ. Geol., 63, 301 - 335, 1968.
- WINKLER, H.G.F.: Die Genese der metamorphen Gesteine.- 2. Aufl., 237 S., Berlin, (Springer Verlag), 1967.
- - Abolition of Metamorphic Facies, Introduction of the four Divisions of Metamorphic Stage, and of a Classification based on Isograds in Common Rocks.- N. Jb. Miner., 5, 189 - 248, 1970.

Anhang

Analysentabellen und Probeentnahmepläne

Folgende Abkürzungen werden verwendet :

H_2O^- Haftwasser, bezogen auf ursprüngliches
Gesteinsgewicht

Glv Glühverlust, bezogen auf Gesteinsgewicht minus
Haftwasser

nb Element wurde nicht bestimmt

Gesamteisen wurde als Fe_2O_3 angegeben.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
SiO ₂			41,0	46,6	45,5	44,2	48,0	%
Al ₂ O ₃			13,8	13,2	18,5	14,3	16,2	
Fe ₂ O ₃			8,9	9,3	7,5	10,9	11,7	
MgO			7,2	8,1	8,0	6,9	6,6	
CaO			14,5	13,2	11,5	13,8	12,3	
Na ₂ O			2,70	2,97	2,59	1,62	1,02	
K ₂ O			0,37	0,26	0,16	0,33	0,04	
TiO ₂			1,09	1,32	0,98	1,62	1,77	
	nb							
Mn			930	1093	618	1007	880	ppm
Cr			146	118	127	134	102	
Ni			205	190	125	120	117	
Cu			59	75	48	78	96	
Zn			96	105	53	80	106	
Pb			60	60	45	nb	nb	
Glv			8,9	3,9	4,8	5,3	2,6	%
Summe			98,2	99,0	99,6	99,1	100,4	%
CO ₂	29,0	13,6	6,2	3,5	2,3	3,0	0,4	%
H ₂ O ⁻			0,22	0,18	0,14	0,15	0,10	%
Niggli-Werte:								
si			93,12	105,59	104,70	101,45	113,05	
al			18,48	17,63	25,09	19,35	22,49	
fm			39,75	43,42	40,54	42,62	44,08	
c			35,29	32,05	28,36	33,94	31,04	
alk			6,48	6,90	6,01	4,09	2,39	
k			0,08	0,05	0,04	0,12	0,03	
mg			0,61	0,63	0,68	0,55	0,53	
ti			1,86	2,25	1,70	2,80	3,14	

	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	
SiO ₂	50,9	47,8	46,9	49,5	44,9	46,1	48,6	%
Al ₂ O ₃	11,4	15,9	13,2	14,9	12,9	12,6	12,8	
Fe ₂ O ₃	9,3	12,0	11,2	10,7	9,8	9,3	10,8	
MgO	9,9	6,8	7,1	5,1	7,1	7,8	8,2	
CaO	13,0	10,1	10,8	13,2	14,6	14,4	10,8	
Na ₂ O	1,62	2,05	2,17	1,34	1,78	3,16	2,75	
K ₂ O	0,10	0,28	0,37	0,10	0,54	0,45	0,38	
TiO ₂	1,24	1,79	1,48	1,70	1,43	1,31	1,46	
Mn	1032	919	1101	1097	1071	1061	1054	ppm
Cr	136	96	108	91	119	97	140	
Ni	165	120	140	120	113	205	150	
Cu	61	53	41	45	66	75	60	
Zn	68	110	86	86	75	112	88	
Pb	48	38	56	45	nb	110	52	
Glv	3,7	4,1	3,0	4,5	6,6	6,5	3,0	%
Summe	101,3	100,9	96,3	101,2	99,8	101,8	98,9	%
CO ₂	1,9	1,5	1,8	1,8	4,7	5,3	1,0	%
H ₂ O ⁻	0,12	0,18	0,24	0,16	0,14	0,18	0,10	%
Niggli-Werte:								
si	115,37	114,90	114,97	124,38	103,54	102,62	114,45	
al	15,23	22,53	19,07	21,48	17,53	16,53	17,77	
fm	49,49	46,25	46,82	39,56	41,62	41,66	48,13	
c	31,57	26,01	28,37	35,54	36,07	34,35	27,25	
alk	3,70	5,21	5,73	3,42	4,77	7,46	6,85	
k	0,04	0,08	0,10	0,05	0,17	0,09	0,08	
mg	0,68	0,53	0,55	0,48	0,59	0,62	0,60	
ti	2,11	3,24	2,73	3,21	2,48	2,19	2,59	

	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	
SiO ₂	48,5	52,0	49,4	50,4	46,9	49,4	48,0	%
Al ₂ O ₃	15,5	12,4	13,2	13,7	13,5	15,4	18,1	
Fe ₂ O ₃	9,3	11,4	11,5	13,0	11,5	12,7	7,1	
MgO	9,4	9,5	9,8	6,3	9,0	5,8	6,6	
CaO	9,2	9,7	9,1	8,1	10,6	10,0	10,9	
Na ₂ O	2,48	1,19	2,70	2,80	2,16	2,81	2,48	
K ₂ O	0,14	0,09	0,13	1,14	0,16	0,43	0,23	
TiO ₂	1,05	1,36	1,62	1,95	1,51	2,83	1,14	
Mn	1035	1025	1273	1097	1089	1185	748	ppm
Cr	129	107	114	55	133	30	94	
Ni	190	113	170	97	145	70	110	
Cu	13	98	56	50	70	56	38	
Zn	215	72	295	276	82	110	42	
Pb	45	nb	67	nb	45	64	nb	
Glv	2,7	1,6	2,3	1,1	3,0	1,9	3,3	%
Summe	98,4	99,4	99,9	98,6	99,1	101,4	07,0	%
CO ₂	0,6	-	-	-	1,3	-	0,9	%
H ₂ O ⁻	0,14	0,14	0,19	0,18	0,17	0,18	0,13	%
Niggli-Werte:								
si	113,91	124,60	113,30	127,72	107,40	120,22	119,59	
al	21,46	17,51	17,85	20,47	18,22	22,09	26,58	
fm	49,63	54,68	53,60	48,82	50,74	44,54	37,96	
c	23,15	24,90	22,36	21,99	26,01	26,08	29,10	
alk	5,86	2,90	6,19	8,72	5,03	7,30	6,35	
k	0,04	0,05	0,03	0,21	0,05	0,09	0,06	
mg	0,66	0,62	0,63	0,49	0,61	0,47	0,65	
ti	1,85	2,45	2,79	3,72	2,60	5,18	2,14	

	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	
SiO ₂	40,8	nb	44,6	43,2	44,0	46,1	42,2	%
Al ₂ O ₃	14,1	nb	16,4	14,5	11,7	12,3	14,7	
Fe ₂ O ₃	10,8	nb	11,7	10,8	10,1	11,7	14,0	
MgO	6,9	nb	5,8	8,7	9,2	8,8	12,4	
CaO	13,6	nb	10,1	12,6	14,3	12,3	5,7	
Na ₂ O	2,97	nb	2,70	1,13	2,59	2,48	1,62	
K ₂ O	1,79	nb	1,81	0,59	0,36	0,52	0,76	
TiO ₂	1,42	nb	1,87	1,49	1,58	1,86	1,79	
Mn	1401	nb	1701	922	1198	1076	980	ppm
Cr	122	nb	112	107	123	103	148	
Ni	155	nb	160	190	160	180	275	
Cu	386	nb	59	58	79	46	69	
Zn	140	nb	116	80	200	112	130	
Pb	85	nb	72	42	nb	56	nb	
Glv	7,3	nb	4,9	5,4	6,8	4,0	3,9	%
Summe	99,9	nb	100,1	98,5	100,8	100,2	97,2	%
CO ₂	5,1	25,5	2,6	2,5	4,3	2,5	-	%
H ₂ O ⁻	0,16	0,16	0,24	0,39	0,14	0,15	0,08	%
Niggli-Werte:								
si	89,80	nb	106,57	96,67	94,89	102,04	91,88	
al	18,29	nb	23,10	19,13	14,87	16,05	18,87	
fm	40,78	nb	42,03	47,37	46,18	48,72	63,36	
c	32,08	nb	25,86	30,21	33,04	29,17	13,30	
alk	8,85	nb	9,01	3,29	5,91	6,06	4,47	
k	0,28	nb	0,31	0,26	0,08	0,12	0,24	
mg	0,56	nb	0,49	0,61	0,64	0,60	0,64	
ti	2,35	nb	3,36	2,51	2,56	3,10	2,93	

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
SiO ₂	46,4	45,4	48,0	41,3	48,8	45,5	48,3	%
Al ₂ O ₃	13,9	13,5	13,4	14,6	11,9	13,5	13,5	
Fe ₂ O ₃	9,5	7,0	11,4	9,3	9,4	12,0	16,0	
MgO	8,3	3,5	10,6	6,9	5,9	7,7	9,4	
CaO	12,9	19,1	9,1	14,5	14,2	11,7	4,6	
Na ₂ O	2,32	1,73	1,57	1,73	2,70	1,19	0,86	
K ₂ O	0,12	0,85	0,12	1,93	0,76	1,65	1,41	
TiO ₂	1,08	0,94	1,41	1,30	1,33	1,56	1,16	

Mn	998	898	1191	1016	948	1103	1610	ppm
Cr	142	105	139	109	117	121	157	
Ni	156	175	200	175	175	149	188	
Cu	113	61	77	53	70	57	1020	
Zn	69	63	80	74	83	115	210	
Pb	nb	45	38	38	48	nb	nb	

Glv	4,1	9,4	3,1	7,0	4,8	3,6	2,9	%
Summe	98,8	101,5	98,9	98,7	99,9	98,6	98,4	%

CO ₂	2,2	7,9	0,5	5,3	3,7	1,9	-	%
H ₂ O ⁻	1,2	1,2	1,0	1,4	1,0	0,05	0,05	%

Niggli- Werte:

si	105,59	110,19	109,78	94,23	118,23	105,08	118,37
al	18,65	19,31	18,06	18,29	17,00	18,38	19,50
fm	44,61	25,63	55,98	39,62	38,62	47,57	64,17
c	31,45	49,76	22,30	35,45	36,86	28,95	12,08
alk	5,29	5,39	3,66	6,64	7,52	5,10	4,25
k	0,03	0,24	0,05	0,42	0,16	0,48	0,52
mg	0,63	0,49	0,65	0,59	0,55	0,56	0,54
ti	1,85	1,72	2,43	2,23	2,42	2,71	2,14

	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	
SiO ₂	49,7	46,0	46,2	49,9	38,0	38,1	47,6	%
Al ₂ O ₃	14,2	13,0	14,8	14,6	14,3	14,1	17,0	
Fe ₂ O ₃	10,7	13,1	12,0	11,3	23,5	25,5	8,7	
MgO	11,4	9,0	11,0	9,3	14,6	15,5	11,9	
CaO	10,2	10,7	7,5	8,4	2,6	2,6	7,5	
Na ₂ O	1,13	1,99	2,43	1,62	0,38	0,43	1,62	
K ₂ O	0,07	0,57	0,73	0,15	0,06	0,07	0,24	
TiO ₂	1,25	1,24	1,17	1,38	1,01	1,20	1,03	
Mn	1074	1295	2133	1555	1841	1937	964	ppm
Cr	135	131	164	145	176	191	143	
Ni	175	156	191	180	175	195	152	
Cu	65	510	170	130	2508	1370	40	
Zn	92	400	480	150	265	250	67	
Pb	42	nb	nb	45	42	52	25	
Glv	3,0	2,7	3,1	1,8	4,1	1,0	4,4	%
Summe	101,8	98,6	99,3	98,7	99,1	97,9	100,1	%
CO ₂	0,5	2,2	-	-	-	-	1,1	%
H ₂ O ⁻	0,01	0,07	0,08	0,01	0,07	0,11	0,11	%

Niggli-Werte:

si	109,05	102,85	102,26	119,46	74,20	70,55	107,84
al	18,37	17,13	19,31	20,60	16,46	15,39	22,70
fm	55,15	52,11	56,66	53,86	77,31	78,60	55,18
c	23,98	25,63	17,79	21,55	5,44	5,16	18,21
alk	2,50	5,13	6,24	3,99	0,79	0,85	3,90
k	0,04	0,16	0,17	0,06	0,09	0,10	0,09
mg	0,68	0,58	0,64	0,62	0,55	0,54	0,73
ti	2,06	2,09	1,95	2,48	1,48	1,67	1,76

	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	
SiO ₂	47,5	42,4	47,2	50,1	40,6	48,3	55,5	%
Al ₂ O ₃	15,1	13,5	14,2	13,8	12,8	13,4	10,8	
Fe ₂ O ₃	12,2	19,2	16,1	10,3	21,0	12,7	16,2	
MgO	12,4	13,5	10,3	9,1	13,2	11,4	9,7	
CaO	5,8	3,5	4,7	10,3	4,2	8,1	2,7	
Na ₂ O	1,94	0,86	2,59	2,32	0,97	1,62	1,13	
K ₂ O	0,11	0,11	0,09	0,21	0,07	0,09	0,09	
TiO ₂	1,24	1,08	1,22	1,20	1,21	1,19	0,87	

	Mn	1174	1895	1390	1151	1772	2145	1390	ppm
Cr	155	193	174	144	164	158	121		
Ni	185	195	210	195	190	190	120		
Cu	59	1720	916	60	4816	141	6590		
Zn	81	320	160	82	249	100	275		
Pb	42	42	48	52	52	48	42		

Glv	2,4	4,2	3,2	1,5	4,5	2,2	3,7	%
Summe	98,9	98,8	99,9	99,0	99,2	99,3	101,5	%

CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	%
H ₂ O ⁻	0,14	0,13	0,09	0,08	0,15	0,06	0,15	%

Niggli-Werte:

si	105,96	89,57	108,36	116,60	83,44	107,48	149,29
al	19,86	16,81	19,22	18,93	15,51	17,58	17,12
fm	61,93	73,36	63,33	49,84	73,22	59,49	71,99
c	13,86	7,92	11,56	25,69	9,25	19,31	7,78
alk	4,35	1,91	5,90	5,55	2,02	3,62	3,10
k	0,04	0,08	0,02	0,06	0,05	0,04	0,05
mg	0,67	0,58	0,56	0,63	0,55	0,64	0,54
ti	2,08	1,72	2,11	2,10	1,87	1,99	1,76

	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	
SiO ₂	44,7	61,1	37,8	42,5	45,4	46,8	46,0	%
Al ₂ O ₃	14,6	8,9	13,7	12,6	14,7	13,4	12,8	
Fe ₂ O ₃	11,6	15,7	22,2	18,9	16,8	18,6	16,4	
MgO	14,4	9,4	18,1	12,8	10,2	13,3	11,2	
CaO	5,7	1,1	1,1	5,4	5,7	2,1	5,3	
Na ₂ O	1,99	0,38	0,13	0,65	0,86	0,81	1,51	
K ₂ O	0,09	0,05	0,04	0,08	0,09	0,38	0,08	
TiO ₂	1,20	0,61	0,90	1,22	1,16	1,16	1,23	

Mn	1424	1799	1427	2016	1692	1979	1717	ppm
Cr	168	99	189	164	182	197	162	
Ni	165	81	195	136	149	117	159	
Cu	150	7200	1720	380	1160	810	1857	
Zn	82	400	225	160	148	450	350	
Pb	nb	nb	31	nb	nb	nb	nb	

Glv	3,6	3,5	6,5	3,8	3,3	5,8	3,4	%
Summe	98,1	101,7	100,8	98,2	98,5	102,7	98,9	%

CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	%
H ₂ O ⁻	0,12	0,07	0,07	0,07	0,09	0,04	0,11	%

Niggli-Werte:

si	95,09	186,28	71,05	89,74	104,01	103,65	104,75
al	18,31	15,99	15,18	15,68	19,85	17,49	17,18
fm	64,47	79,19	82,32	70,66	64,12	75,25	66,44
c	12,99	3,59	2,22	12,22	13,99	4,98	12,93
alk	4,23	1,22	0,28	1,44	2,04	2,28	3,45
k	0,03	0,08	0,17	0,07	0,06	0,24	0,03
mg	0,71	0,54	0,62	0,57	0,54	0,58	0,57
ti	1,92	1,40	1,27	1,94	2,00	1,93	2,11

	B29	B30	B31	B32	B33	B34	B35	
SiO ₂	47,8	49,5	47,9	50,3	50,1	39,2	33,2	%
Al ₂ O ₃	13,0	12,9	14,2	13,4	13,5	11,3	9,0	
Fe ₂ O ₃	18,1	10,4	12,2	12,0	11,4	24,1	31,6	
MgO	8,4	10,3	10,6	8,8	8,6	11,2	10,7	
CaO	5,6	9,8	8,5	8,8	9,2	3,0	1,8	
Na ₂ O	2,43	2,10	2,10	2,59	2,59	0,97	0,22	
K ₂ O	0,11	0,11	0,11	0,11	0,15	1,02	0,70	
TiO ₂	1,43	1,20	1,36	1,35	1,16	1,05	0,94	
Mn	2117	1027	1024	1235	1065	1623	997	ppm
Cr	146	154	147	150	144	166	133	
Ni	143	182	165	190	185	170	125	
Cu	1100	70	66	90	62	16000	48000	
Zn	320	81	68	89	60	614	690	
Pb	nb	nb	nb	45	nb	60	52	
Glv	1,9	2,0	2,2	1,7	0,9	5,0	5,5	%
Summe	99,2	98,5	99,3	99,2	97,8	98,7	98,7	%
CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	
H ₂ O ⁻	0,16	0,08	0,07	0,14	0,12	0,13	0,18	%

Niggli-Werte:

si	112,72	113,87	107,29	119,32	119,54	84,43	69,60
al	18,04	17,49	18,75	18,74	18,99	14,35	11,12
fm	62,06	53,51	56,14	52,77	51,27	75,30	83,45
c	14,15	24,16	20,40	22,37	23,52	6,92	4,04
alk	5,72	4,84	4,72	6,12	6,22	3,43	1,38
k	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,41	0,68
mg	0,48	0,66	0,63	0,59	0,60	0,48	0,40
ti	2,54	2,08	2,29	2,41	2,08	1,70	1,48

	B36	B37	B38	B39	B40	B41	B42	
SiO ₂	33,2	45,8	45,5	42,8	32,6	32,8	38,0	%
Al ₂ O ₃	11,4	9,5	16,3	12,8	9,1	8,6	11,8	
Fe ₂ O ₃	30,2	23,6	12,8	20,8	36,8	34,1	28,5	
MgO	12,7	8,9	12,0	13,9	11,4	10,7	14,8	
CaO	1,1	6,4	5,6	2,3	0,8	1,0	0,3	
Na ₂ O	0,38	0,97	1,46	0,65	0,22	0,49	0,38	
K ₂ O	0,63	0,23	0,08	0,09	0,14	1,75	0,06	
TiO ₂	1,15	0,71	1,31	0,94	0,79	1,07	1,36	
Mn	1320	1793	1236	1903	1013	361	1548	ppm
Cr	158	125	174	187	115	148	186	
Ni	135	150	185	190	130	100	190	
Cu	15000	7110	77	2094	15000	9000	4000	
Zn	461	740	145	353	480	729	500	
Pb	56	60	42	48	48	56	56	
Glv	6,5	2,9	3,3	5,8	8,5	10,0	6,5	%
Summe	99,0	100,0	98,5	100,5	102,0	101,6	102,3	%
CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	
H ₂ O ⁻	0,07	0,05	0,13	0,10	0,09	0,12	0,16	%

Niggli-Werte:

si	65,83	102,42	101,81	90,92	63,56	66,38	74,05
al	13,32	12,52	21,50	16,03	10,46	10,26	13,56
fm	82,81	69,71	61,79	77,28	87,28	84,35	85,03
c	2,34	15,34	13,43	5,24	1,67	2,17	0,63
alk	1,53	2,43	3,28	1,46	0,59	3,22	0,79
k	0,52	0,13	0,03	0,08	0,30	0,70	0,09
mg	0,45	0,43	0,65	0,57	0,38	0,38	0,51
ti	1,71	1,19	2,20	1,50	1,16	1,63	1,99

	B43	B44	B45	B46	B47	B48	B49	
SiO ₂	44,5	44,8	51,0	46,6	43,7	43,6	44,7	%
Al ₂ O ₃	13,1	13,0	13,5	14,5	12,6	13,4	12,2	
Fe ₂ O ₃	18,4	21,6	11,5	16,1	21,2	19,5	19,6	
MgO	12,0	10,2	10,3	10,2	11,6	11,5	9,2	
CaO	1,8	0,5	9,0	5,5	4,2	3,6	3,5	
Na ₂ O	1,19	1,89	1,94	1,62	1,03	1,35	2,97	
K ₂ O	0,10	0,23	0,09	0,09	0,08	0,06	0,08	
TiO ₂	0,94	1,12	1,21	1,10	1,02	1,27	1,09	
Mn	1821	1746	1531	1979	1891	1465	1406	ppm
Cr	174	171	137	184	168	175	165	
Ni	165	170	260	195	170	195	195	
Cu	6670	10000	68	60	2000	5336	8000	
Zn	830	374	90	116	285	180	516	
Pb	42	48	45	35	48	45	64	
Glv	5,0	4,3	1,3	2,9	4,7	4,0	4,1	%
Summe	98,0	98,9	100,1	99,0	100,6	99,0	98,5	%
CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	
H ₂ O ⁻	0,10	0,11	0,18	0,11	0,09	0,21	0,18	%
Niggli-Werte:								
si	104,10	107,24	116,79	107,00	94,23	96,80	105,30	
al	18,06	18,34	18,22	19,63	16,01	17,54	16,94	
fm	74,58	75,64	55,26	63,11	72,02	70,91	67,32	
c	4,51	1,28	22,08	13,53	9,70	8,56	8,83	
alk	2,85	4,85	4,44	3,74	2,26	2,99	6,90	
k	0,05	0,07	0,03	0,04	0,05	0,03	0,02	
mg	0,56	0,48	0,64	0,55	0,52	0,54	0,48	
ti	1,65	2,02	2,08	1,90	1,65	2,12	1,93	

	B50	B51	B52	B53	B54	B55	B56	
SiO ₂	44,3	48,9	44,1	47,6	47,7	45,3	46,5	%
Al ₂ O ₃	13,6	15,4	12,9	11,5	13,0	14,7	13,4	
Fe ₂ O ₃	15,5	17,7	15,9	17,0	15,1	13,1	16,7	
MgO	13,1	11,6	11,8	12,3	11,4	13,7	11,0	
CaO	3,5	3,1	6,2	2,2	4,0	5,4	3,9	
Na ₂ O	1,46	0,89	1,19	0,81	1,94	1,62	1,62	
K ₂ O	0,06	0,08	0,12	0,12	0,10	0,06	0,12	
TiO ₂	1,18	1,01	1,17	1,22	1,12	1,20	1,14	
Mn	1842	2417	1745	1768	1753	1662	1662	ppm
Cr	179	186	157	168	169	169	167	
Ni	146	163	130	133	169	152	149	
Cu	2050	1147	680	500	1220	88	1900	
Zn	1470	297	270	1430	190	400	300	
Pb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	
Glv	4,5	3,7	3,9	6,5	3,1	3,7	3,6	%
Summe	97,8	102,04	97,6	99,6	97,8	99,0	98,4	%
CO ₂	-	-	-	-	-	0,5	-	%
H ₂ O ⁻	0,11	0,13	0,16	0,11	0,14	0,14	0,12	%
Niggli-Werte:								
si	99,42	110,83	97,63	115,33	112,51	97,47	108,57	
al	17,99	20,57	16,83	16,42	18,07	18,64	18,44	
fm	70,33	69,83	65,74	75,78	67,23	65,45	67,95	
c	8,42	7,53	14,71	5,71	10,11	12,45	9,76	
alk	3,26	2,07	2,72	2,09	4,59	3,46	3,85	
k	0,03	0,06	0,06	0,09	0,03	0,02	0,05	
mg	0,62	0,56	0,59	0,59	0,60	0,67	0,56	
ti	1,99	1,72	1,95	2,22	1,99	1,94	2,00	

	B57	B58	B59	B60	B61	B62	B63	
SiO ₂	41,0	46,9	40,1	42,3	38,2	51,1	51,0	%
Al ₂ O ₃	12,1	14,4	14,0	13,9	14,7	12,8	13,1	
Fe ₂ O ₃	23,1	16,6	20,6	17,7	21,9	13,1	12,7	
MgO	14,4	9,4	13,0	16,0	15,7	8,9	8,9	
CaO	2,1	6,2	5,3	2,0	1,8	7,1	7,2	
Na ₂ O	0,22	0,97	0,65	2,32	0,92	2,21	2,05	
K ₂ O	0,34	0,07	0,07	0,06	0,09	0,09	0,07	
TiO ₂	0,94	0,88	1,18	1,23	1,23	1,21	1,49	

	1939	1881	1993	1731	1601	1857	1913	ppm
Mn	1939	1881	1993	1731	1601	1857	1913	
Cr	188	137	174	173	196	164	134	
Ni	133	139	149	171	104	136	169	
Cu	2510	730	2429	505	3107	540	20	
Zn	300	119	142	85	280	130	90	
Pb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	35	

Glv	6,4	3,4	4,4	6,7	7,5	1,7	2,1	%
Summe	101,1	99,1	99,8	102,5	102,5	98,5	98,8	%

CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	
H ₂ O ⁻	0,09	0,01	0,06	0,06	0,12	0,16	0,18	%

Niggli-Werte:

si	83,99	109,64	80,77	84,72	74,07	125,76	126,09
al	14,61	19,84	16,62	16,41	16,81	18,57	19,09
fm	79,90	62,32	70,58	74,72	77,61	57,30	56,81
c	4,61	15,53	11,44	4,29	3,74	18,72	19,07
alk	0,88	2,30	1,36	4,58	1,84	5,41	5,02
k	0,50	0,05	0,07	0,02	0,06	0,03	0,02
mg	0,55	0,53	0,55	0,64	0,58	0,57	0,58
ti	1,45	1,55	1,79	1,85	1,79	2,24	2,77

	B64	B65	B66	B67	B68	B69	B70	
SiO ₂	47,5	51,1	50,9	46,9	45,4	51,1	50,3	%
Al ₂ O ₃	16,0	13,7	14,5	15,7	14,1	14,9	13,0	
Fe ₂ O	10,4	11,4	10,5	10,6	15,7	9,7	9,5	
MgO	11,8	8,0	8,1	9,9	9,5	10,3	9,7	
CaO	6,0	8,5	9,2	9,4	6,8	8,3	12,5	
Na ₂ O	1,56	2,86	1,46	1,94	2,38	2,59	2,26	
K ₂ O	0,20	0,10	0,10	0,07	0,10	0,10	0,09	
TiO ₂	0,93	1,31	1,41	1,00	1,53	1,03	0,98	
Mn	1264	1648	1272	1136	1716	1112	1445	ppm
Cr	156	148	147	175	141	170	160	
Ni	143	133	91	195	261	195	280	
Cu	370	77	32	62	464	93	115	
Zn	70	192	55	66	229	58	141	
Pb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	38	
Glv	4,2	1,5	1,2	2,6	2,8	1,8	0,8	%
Summe	98,8	98,7	97,5	98,3	98,6	99,9	99,3	%
CO ₂	1,3	-	0,3	-	-	-	-	%
H ₂ O ⁻	0,13	0,10	0,15	0,14	0,15	0,14	0,12	%
Niggli-Werte:								
si	110,41	125,69	127,36	106,41	102,99	118,86	111,71	
al	21,92	19,86	21,39	21,00	18,85	20,43	17,02	
fm	59,32	50,76	50,25	51,78	59,24	52,90	48,24	
c	14,94	22,40	24,67	22,85	16,53	20,69	29,75	
alk	3,81	6,98	3,70	4,37	5,38	5,99	4,99	
k	0,08	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	
mg	0,69	0,58	0,60	0,65	0,54	0,67	0,67	
ti	1,63	2,42	2,65	1,71	2,61	1,80	1,64	

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
SiO ₂	42,9	44,5	48,8	44,1	38,2	47,4	50,8	%
Al ₂ O ₃	13,7	14,1	13,7	15,4	12,4	12,0	13,1	
Fe ₂ O ₃	9,7	11,4	9,6	13,8	8,7	9,7	11,3	
MgO	8,3	12,1	9,5	7,2	5,6	6,6	8,6	
CaO	15,5	11,2	12,0	11,4	19,8	13,0	9,5	
Na ₂ O	1,83	0,94	1,24	1,64	1,62	2,29	1,99	
K ₂ O	0,21	0,08	0,18	0,29	1,31	0,34	0,11	
TiO ₂	1,27	1,11	1,17	2,11	1,04	1,27	1,39	
Mn	1135	995	1114	1098	967	937	1325	ppm
Cr	103	164	133	119	123	125	117	
Ni	200	156	139	160	181	163	135	
Cu	56	56	109	152	152	71	211	
Zn	83	54	48	94	83	70	79	
Pb	90	nb	nb	nb	nb	nb	nb	
Glv	8,2	3,5	2,6	3,1	9,6	4,8	1,8	‰
Summe	101,8	99,1	98,9	99,2	98,4	97,5	98,8	‰
CO ₂	5,7	0,9	1,0	1,1	7,5	3,5	-	‰
H ₂ O ⁻	0,18	0,15	0,12	0,13	0,15	0,16	0,10	‰
Niggli-Werte:								
si	92,55	92,77	111,61	99,60	83,21	116,60	122,91	
al	17,42	17,33	18,47	20,50	15,92	17,40	18,68	
fm	42,63	55,65	49,11	47,90	32,62	42,34	51,85	
c	35,83	25,02	29,41	27,59	46,21	34,27	24,63	
alk	4,12	2,01	3,01	4,01	5,24	5,99	4,84	
k	0,07	0,05	0,09	0,10	0,35	0,09	0,04	
mg	0,63	0,68	0,66	0,51	0,56	0,57	0,60	
ti	2,06	1,74	2,01	3,58	1,70	2,35	2,53	

	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	
SiO ₂	47,9	49,2	49,0	49,0	46,9	54,2	46,4	%
Al ₂ O ₃	16,1	16,0	14,8	13,4	12,9	11,9	13,4	
Fe ₂ O ₃	11,0	9,7	11,3	12,6	12,8	9,6	11,2	
MgO	8,4	9,3	10,0	9,9	12,6	9,9	9,5	
CaO	9,5	7,8	8,7	8,2	7,4	8,7	10,6	
Na ₂ O	1,75	2,10	1,24	2,26	1,59	2,21	1,91	
K ₂ O	0,08	0,12	0,16	0,13	0,08	0,08	0,12	
TiO ₂	1,27	1,42	1,44	1,49	1,38	1,13	1,39	
Mn	1023	895	955	1083	974	2130	1050	ppm
Cr	118	144	143	84	155	150	127	
Ni	135	153	125	146	170	142	177	
Cu	67	67	39	60	94	54	94	
Zn	64	58	49	80	70	108	62	
Pb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	
Glv	2,4	2,4	2,8	1,9	2,7	1,8	3,7	%
Summe	98,5	98,2	99,6	99,0	98,5	99,8	98,4	%
CO ₂	-	-	-	-	-	-	2,2	%
H ₂ O ⁻	0,12	0,11	0,15	0,16	0,16	0,13	0,14	%
Niggli-Werte:								
si	113,25	119,60	114,38	113,20	102,81	133,22	105,78	
al	22,44	22,93	20,36	18,25	16,67	17,24	18,01	
fm	49,37	51,62	54,83	56,20	62,46	54,45	51,70	
c	24,07	20,32	21,76	20,30	17,38	22,91	25,89	
alk	4,13	5,13	3,04	5,25	3,49	5,39	4,40	
k	0,03	0,04	0,08	0,04	0,03	0,02	0,04	
mg	0,60	0,65	0,63	0,61	0,66	0,67	0,62	
ti	2,26	2,60	2,53	2,59	2,28	2,09	2,38	

	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	
SiO ₂	49,8	49,5	44,2	50,9	50,0	42,8	53,1	%
Al ₂ O ₃	12,6	14,8	14,6	12,8	13,3	12,7	11,6	
Fe ₂ O ₃	12,4	10,7	12,9	11,0	11,4	10,7	10,8	
MgO	7,5	11,2	14,3	7,1	8,2	9,2	8,9	
CaO	11,2	8,4	7,3	11,0	10,2	13,1	10,5	
Na ₂ O	1,75	1,48	1,08	1,59	1,99	1,13	1,91	
K ₂ O	0,46	0,36	0,10	0,89	0,38	1,42	0,13	
TiO ₂	1,75	1,20	1,28	1,36	1,38	1,26	1,65	
Mn	1120	1186	1299	1085	946	1163	956	ppm
Cr	103	145	162	128	144	138	158	
Ni	167	177	184	160	163	150	210	
Cu	112	73	55	296	130	35	19	
Zn	76	74	78	81	91	109	229	
Glv	1,8	4,1	2,8	2,1	2,2	6,2	1,6	‰
Summe	99,4	101,9	98,7	98,9	99,2	98,7	100,3	‰
CO ₂	1,0	0,7	-	-	-	-	-	‰
H ₂ O ⁻	0,11	0,19	0,19	0,12	0,12	0,11	0,05	‰
Niggli-Werte:								
si	118,52	111,91	90,82	126,02	119,57	94,30	127,96	
al	17,68	19,72	17,68	18,68	18,75	16,49	16,48	
fm	49,03	56,17	63,96	46,92	49,92	48,17	51,75	
c	28,56	20,35	16,07	29,18	26,14	30,93	27,11	
alk	4,74	3,76	2,28	5,22	5,19	4,41	4,66	
k	0,15	0,14	0,06	0,27	0,11	0,45	0,04	
mg	0,54	0,67	0,68	0,56	0,59	0,63	0,62	
ti	3,13	2,04	1,98	2,53	2,48	0,09	2,99	

	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	
SiO ₂	50,2	41,3	47,7	42,6	17,2	36,1	35,8	%
Al ₂ O ₃	13,6	13,1	15,2	13,9	5,0	12,4	12,5	
Fe ₂ O ₃	10,8	21,2	14,7	16,1	47,3	27,8	30,8	
MgO	7,8	9,5	11,2	14,4	5,6	13,2	13,2	
CaO	9,6	3,1	7,0	3,7	1,9	0,9	1,8	
Na ₂ O	1,54	1,97	1,02	0,38	0,50	0,13	0,16	
K ₂ O	0,86	0,45	0,05	0,05	0,12	0,06	0,04	
TiO ₂	1,50	1,33	1,39	1,32	0,04	1,08	1,09	
Mn	760	760	1481	1476	424	948	1155	ppm
Cr	142	161	201	188	87	193	171	
Ni	150	111	193	160	83	139	105	
Cu	88	1250	44	136	26000	511	2235	
Zn	228	8000	98	155	9000	164	170	
Glv	2,4	8,6	4,0	5,4	19,9	6,8	6,1	%
Summe	98,4	101,6	102,5	98,1	101,1	98,7	101,9	%
CO ₂	0,5	-	-	-	-	-	-	%
H ₂ O ⁻	0,13	0,21	0,17	0,24	0,19	0,53	0,33	%
Niggli-Werte:								
si	124,99	95,12	105,16	92,09	34,73	73,51	68,28	
al	19,96	17,78	19,75	17,71	5,97	14,88	14,05	
fm	49,35	69,51	61,46	72,85	88,80	82,82	81,92	
c	25,61	7,65	16,54	8,57	4,11	1,96	3,68	
alk	5,08	5,06	2,25	0,87	1,13	0,33	0,34	
k	0,27	0,13	0,03	0,08	0,14	0,23	0,14	
mg	0,59	0,47	0,60	0,64	0,19	0,48	0,46	
ti	2,81	2,30	2,30	2,15	0,06	1,65	1,56	

	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	
SiO ₂	46,1	49,8	48,4	47,5	46,8	48,2	49,5	%
Al ₂ O ₃	13,2	11,7	12,4	14,8	13,0	13,5	13,6	
Fe ₂ O ₃	17,3	14,4	13,5	12,6	16,7	11,9	14,9	
MgO	11,2	9,8	10,3	10,4	10,6	11,0	9,6	
CaO	2,5	5,7	7,1	7,4	6,0	8,4	8,2	
Na ₂ O	1,35	1,29	1,24	1,70	1,08	1,94	1,46	
K ₂ O	0,06	0,12	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	
TiO ₂	1,24	1,47	1,35	1,33	1,33	1,34	1,12	

	1205	1441	1473	1439	1776	1387	1629	ppm
Mn	1205	1441	1473	1439	1776	1387	1629	
Cr	168	153	150	177	189	151	157	
Ni	132	156	146	193	146	192	174	
Cu	825	21	317	19	277	21	894	
Zn	146	107	93	80	106	74	126	

Glv	5,1	3,4	3,9	2,9	3,2	2,7	2,8	%
Summe	98,3	97,9	98,5	93,8	99,0	99,2	101,5	%

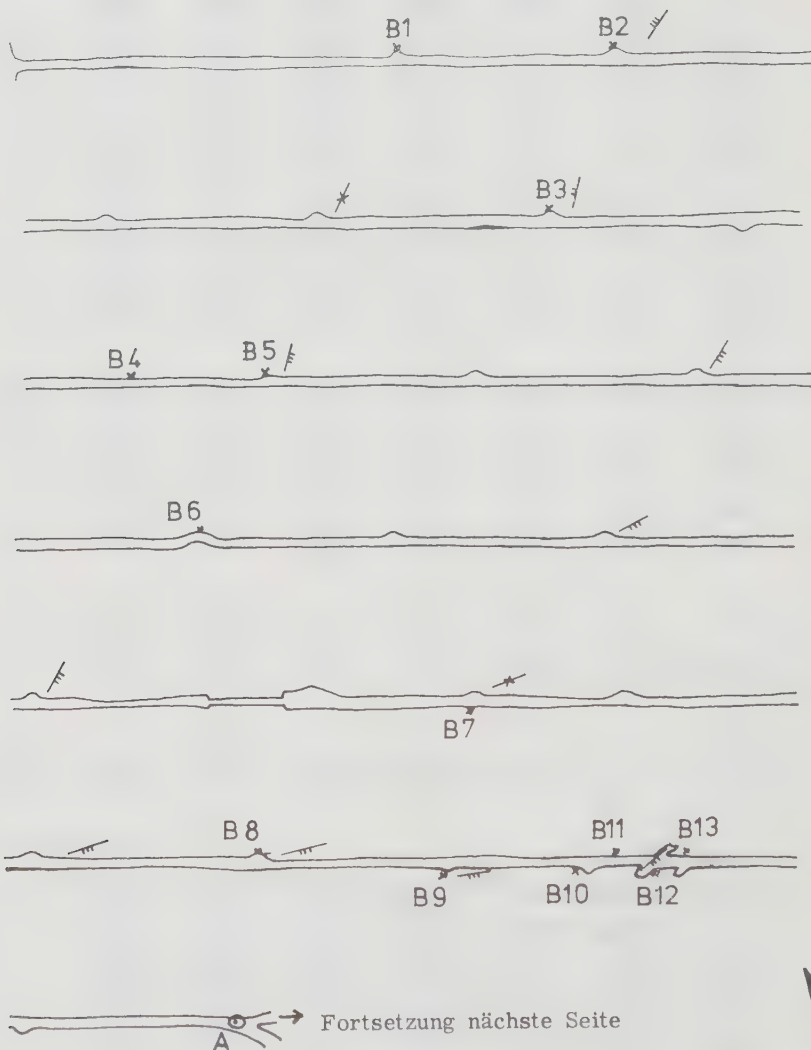
CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	
H ₂ O ⁻	0,26	0,17	0,25	0,14	0,25	0,17	0,20	%

Niggli-Werte:

si	110,77	124,84	115,81	109,34	107,10	108,68	112,71
al	18,70	17,29	17,49	20,08	17,54	17,94	18,25
fm	71,63	64,07	61,34	57,77	65,25	57,42	58,41
c	6,44	15,31	18,20	18,25	14,71	20,29	20,01
alk	3,24	3,33	2,97	3,90	2,50	4,34	3,32
k	0,03	0,06	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03
mg	0,56	0,57	0,60	0,62	0,55	0,64	0,56
ti	2,24	2,77	2,43	2,13	2,29	2,27	1,92

	C36	C37	C38	C39	C40	C41	
SiO ₂	47,9	47,5	49,9	51,5	48,0	44,8	%
Al ₂ O ₃	13,1	13,6	13,5	13,0	13,7	14,8	
Fe ₂ O ₃	14,6	12,8	11,9	11,7	12,2	14,0	
MgO	9,1	10,8	9,3	9,2	9,5	12,5	
CaO	6,5	8,9	8,7	9,1	9,0	5,6	
Na ₂ O	2,16	1,19	2,08	1,83	2,29	2,08	
K ₂ O	0,07	0,04	0,07	0,07	0,11	0,05	
TiO ₂	1,36	1,29	1,22	1,28	1,35	1,22	
Mn	1637	1096	1548	1001	934	1937	ppm
Cr	179	157	162	165	172	178	
Ni	135	156	174	163	138	184	
Cu	29	11	10	14	28	511	
Zn	163	74	85	53	78	200	
Glv	2,5	2,9	2,0	1,7	2,0	3,4	%
Summe	97,5	99,2	98,9	99,5	98,3	98,8	%
CO ₂	-	-	-	-	-	-	
H ₂ O ⁻	0,14	0,20	0,13	0,12	0,14	0,22	%
Niggli-Werte:							
si	115,40	106,62	118,02	123,11	110,52	97,19	
al	18,60	17,99	18,82	18,32	18,59	18,93	
fm	59,47	57,95	54,26	54,02	53,93	63,61	
c	16,78	21,41	22,05	23,31	22,20	13,02	
alk	5,15	2,65	4,87	4,35	5,27	4,44	
k	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	
mg	0,55	0,62	0,60	0,61	0,60	0,64	
ti	2,46	2,18	2,17	2,30	2,34	1,99	

Grubenplan mit Probeentnahmepunkten - Teil I

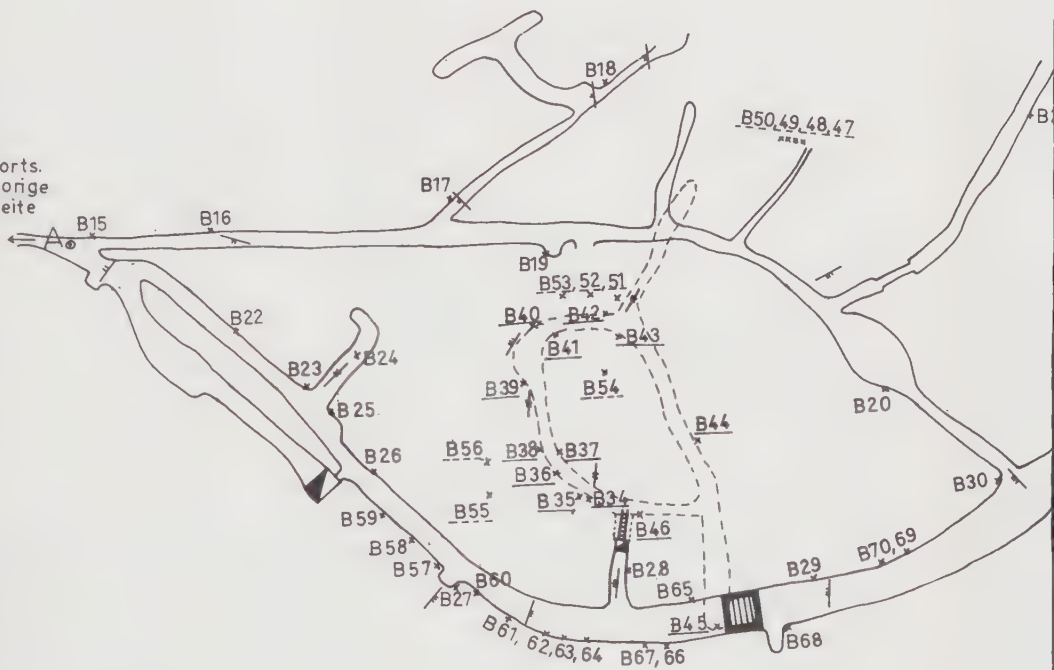


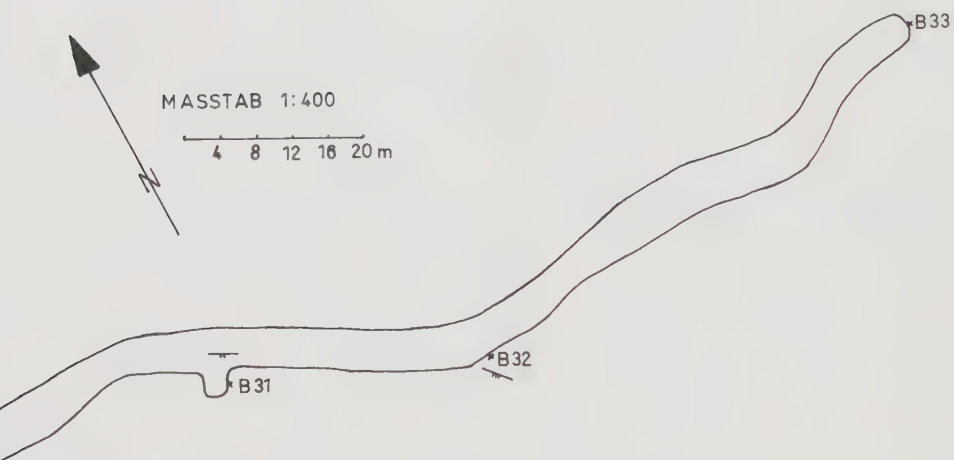
Förderstoller der Ignatz - Sohle
1516 m ü. d. M.

10 20 30m



Forts.
vorige
Seite





B30

Ignatz - Sohle 0,0 m

B40

Zwischensohle

*B53

Gradino Ottilia-Sohle - 26,1 m
auf dieser Sohle war der Grubenplan
veraltet, die Probenpunkte wurden mit dem
Geologenkompaß eingemessen.

0 - 30° Einfallen

30 - 60°

60 - 90°

saiger

Lebenslauf

Name: Schmid
Vorname: Hans Hubert
Geburtstag: 07. 10. 1945
Geburtsort: Schongau
Eltern: Max Schmid, Werkmeister und
Maria Schmid, geb. Kümmerle
Schulen: 1951 - 1956 Volksschule Schongau
1956 - 1965 Oberrealschule Hohenschwangau
Studium: Nov. 1965 Beginn mit dem Geologiestudium
an der Ludwig Maximilian Universität in
München
Nov. 1967 Diplomgeologenvorprüfung
Juli 1971 Diplomgeologenhauptprüfung,
seit September 1971 Arbeit an der Dissertation.

